



TESIS- RE142541

**MODEL HUBUNGAN KARAKTERISTIK VEGETASI
MANGROVE TERHADAP ATENUASI GELOMBANG
(STUDI KASUS DI WILAYAH PANTAI UJUNG PANGKAH)**

**CLARA PUSPITA
3313201006**

**DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc**

**PROGRAM MAGISTER
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015**



THESIS- RE142541

**MODEL OF MANGROVE VEGETATION CHARACTERISTIC
ON WAVE ATTENUATION (CASE STUDY IN COAST AREA
OF UJUNG PANGKAH)**

CLARA PUSPITA
3313201006

SUPERVISOR
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc

MASTER PROGRAM
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh:

Clara Puspita
NRP. 3313201006

Tanggal ujian : 6 Januari 2015

Periode Wisuda : Maret 2015

Disetujui oleh:

1. Prof. Dr.Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc
NIP: 195501281985032001

(Pembimbing)

2. Prof. Ir. Wahyono Hadi, MSc. PhD.
NIP: 195001141979031001

(Penguji)

3. Ir. Mas Agus Mardyanto, ME. PhD.
NIP: 196208161990031004

(Penguji)

4. Ipung Fitri P., ST. MT. PhD.
NIP: 197111142003122001

(Penguji)

Direktur Program Pascasarjana



Prof. Dr. Adi Soeprijanto, MT
NIP. 196404051990021001

MODEL HUBUNGAN KARAKTERISTIK VEGETASI MANGROVE TERHADAP ATENUASI GELOMBANG (STUDI KASUS DI WILAYAH PANTAI UJUNG PANGKAH)

Nama Mahasiswa : Clara Puspita

NRP : 3313201006

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc

ABSTRAK

Penelitian mengenai model hubungan karakteristik vegetasi mangrove terhadap atenuasi gelombang dilakukan di pantai Desa Banyuurip Kecamatan Ujung Pangkah Kabupaten Gresik dengan tujuan mengetahui faktor konstan berdasarkan kondisi hidrolik pantai tanpa vegetasi mangrove, mengetahui lebar optimum mangrove serta mengetahui pengaruh karakteristik mangrove terhadap atenuasi gelombang di pantai Desa Banyuurip, Ujung Pangkah. Variabel dalam penelitian ini adalah tinggi gelombang (0,32 m dan 1,67 m), tinggi mangrove berdasarkan umur (2,3 dan 4 Tahun) dan spesies mangrove (*Rhizophora mucronata*, *Avicennia marina* dan *Sonneratia alba*).

Penelitian dilakukan dengan mengintegrasikan kedua model atenuasi gelombang berdasarkan karakteristik vegetasi mangrove yang meliputi tinggi pohon, kerapatan serta persenutupan kanopi dan model atenuasi gelombang berdasarkan kondisi hidrolik pantai. Parameter fisik kimia perairan untuk menggambarkan kondisi lokasi penelitian diambil dengan menggunakan metode transek kuadrat tegak lurus garis pantai meliputi temperatur, salinitas, pH dan sampel sedimen dasar pantai. Sampel sedimen dasar dianalisis saringan di Lab. Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil ITS.

Hasil penelitian yang didapatkan menunjukkan bahwa pantai memiliki sedimen berlumpur dengan permukaan yang landai dan faktor konstan sebesar 0,2. Lebar mangrove yang diperlukan pada tinggi gelombang 0,32 m adalah 27 m sedangkan pada tinggi gelombang 1,67 diperlukan mangrove selebar 104 m. Seluruh komponen karakteristik vegetasi mangrove tersebut berbanding lurus dengan atenuasi gelombang yang terjadi, dimana semakin tinggi ukuran pohon, semakin besar nilai kerapatannya dan semakin tinggi persenutupan kanopinya maka atenuasi gelombang yang terjadi akan semakin besar. Atenuasi terbesar terjadi pada vegetasi *Avicennia marina* umur tanam 4 tahun dengan jarak tanam $1 \times 1 \text{ m}^2$ yang dapat mengurangi gelombang setinggi 0,32 m sebesar 31,5% dan pada tinggi gelombang setinggi 1,67 m dapat mengurangi sebesar 74,8%.

Kata kunci : atenuasi gelombang, karakteristik vegetasi, mangrove, parameter hidrolik

Halaman ini sengaja dikosongkan

**MODEL OF MANGROVE VEGETATION CHARACTERISTIC
ON WAVE ATTENUATION
(CASE STUDY IN COAST AREA OF UJUNG PANGKAH)**

Student Name : Clara Puspita
Student Identity Number : 3313201006
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc

ABSTRACT

Research about wave attenuation through mangrove vegetation structure in Banyuurip Coast, Ujung Pangkah, Gresik was done in order to determine the constant factor of coast without mangrove, determine the optimum mangrove band width and analyze the effect of mangrove vegetation characteristic on wave attenuation using three variable, which are wave height (0,32 m and 1,67 m), tree height based on the tree age (2,3,4 Years) and mangrove species (Rhizophora mucronata, Avicennia marina dan Sonneratia alba).

This research was carried out by integrating the wave attenuation model, which are based on the mangrove vegetation characteristic includes tree height, density and canopy closure, and based on hydraulic condition of the coast. Physical and chemical parameters of sea water includes temperature, salinity, pH and sediment sample were taken by using a quadrat transect method which is perpendicular to the shore line. Sediment sample were analyzed using sieve at the laboratory of soil mechanics, ITS.

Result shows that Banyuurip Coast has a muddy sediment with constant factor 0,2. Mangrove band width required on wave height of 0.32 m is 27 m, while 1.67 m is 104 m wide. The higher the size of the tree, the greater density and greater canopy cover, the wave attenuation that occurs will be even greater. Greatest attenuation occurs in Avicennia marina age of 4 years with a plant spacing of 1x1 m² which can reduce wave height of 0.32 m by 31.5% and 1.67 m by 74.8%.

Key word : hydraulic condition, mangrove, vegetation characteristic, wave attenuation,

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya penyusun dapat menyusun naskah tesis yang berjudul “**Model Hubungan Karakteristik Vegetasi Mangrove Terhadap Atenuasi Gelombang (Studi Kasus Di Wilayah Pantai Ujung Pangkah)**”. Naskah tesis ini disusun sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Master Teknik (MT) di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terimakasih kepada Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc selaku dosen pembimbing dalam penyusunan tesis ini serta kepada Prof. Ir. Wahyono Hadi, MSc. PhD., Ir. Mas Agus Mardyanto, ME. PhD. dan Ipung Fitri P, ST. MT. PhD. selaku dosen penguji pada seminar tesis. Tidak lupa pula penyusun mengucapkan terimakasih kepada kedua orang tua, Papa Bambang Sutikno dan Mama Thresia Sri Mawarni, yang telah mendukung proses studi selama 1,5 Tahun di Program Magister Teknik Lingkungan ITS.

Penyusun menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam naskah tesis ini. Untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan naskah tesis ini. Penyusun sangat berharap semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membaca.

Surabaya, Januari 2015

Penyusun,

Clara Puspita

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Ruang Lingkup.....	4
1.5 Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Wilayah Pesisir.....	7
2.2. Permasalahan Wilayah Pesisir	8
2.3. Gelombang	9
2.4. Struktur Pelindung Pantai	10
2.5. Ekosistem Mangrove.....	11
2.5.1. Tipe formasi mangrove berdasarkan struktur ekosistem	12
2.5.2. Faktor pembatas	12
2.5.3. Manfaat dan fungsi mangrove.....	14
2.5.4. Kerusakan ekosistem mangrove.....	16
2.5.5. Rehabilitasi mangrove.....	17
2.6. Atenuasi Gelombang pada Ekosistem Mangrove	20
BAB III METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Rancangan Penelitian	23
3.2 Kerangka Penelitian	23
3.3 Langkah Kerja Penelitian	25
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Hasil Penelitian	33
4.1.1. Parameter Hidrolik Pantai	35
4.1.2. Lebar Mangrove yang Diperlukan Berdasarkan Kondisi Hidrolik Pantai	36
4.1.3. Pengaruh Karakteristik Vegetasi Mangrove Terhadap Attenuasi Gelombang di Pantai.....	38
4.1.4. Validasi Model	44
4.2 Pembahasan.....	47
4.2.1. Parameter Hidrolik Pantai	48
4.2.2. Lebar Mangrove yang Diperlukan Berdasarkan Kondisi Hidrolik Pantai	49
4.2.3. Pengaruh Karakteristik Vegetasi Mangrove Terhadap Attenuasi Gelombang di Pantai.....	50

BAB V PENUTUP.....	57
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA.....	59
LAMPIRAN	
Hasil Analisa Pembagian Butir	
Berita Acara Ujian Tesis	
BIOGRAFI PENULIS	

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Titik koordinat dan parameter fisik kimia.....	34
Tabel 4.2 Jarak perjalanan gelombang	37
Tabel 4.3 Karakteristik vegetasi mangrove	38
Tabel 4.4 Tinggi gelombang setelah melewati mangrove.....	39
Tabel 4.5 Atenuasi gelombang setelah melewati mangrove	45

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Penelitian	4
Gambar 2.1 Batasan Pantai	7
Gambar 2.2 Bentuk Gelombang Ideal.....	9
Gambar 2.3 Penanganan Kerusakan Pantai	10
Gambar 2.4 Bentuk Akar Pohon Pada Ekosistem Mangrove	15
Gambar 2.5 Ilustrasi Sederhana Peran Mangrove Dalam Melindungi Area Pesisir Dari Angin Kencang	15
Gambar 2.6 Kerusakan Ekosistem Mangrove.....	16
Gambar 2.7 Morfologi <i>Rhizophora mucronata</i>	18
Gambar 2.8 Morfologi <i>Avicennia marina</i>	19
Gambar 2.9 Morfologi <i>Sonneratia alba</i>	20
Gambar 2.10 Faktor yang Mempengaruhi Atenuasi Gelombang	20
Gambar 2.11 Model Hipotesis Mangrove Untuk Wilayah Pesisir Sebagai Pelindung Pantai dari Gelombang	21
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian.....	24
Gambar 3.2 Transek Kuadrat	29
Gambar 4.1 Pantai Desa Banyuurip	33
Gambar 4.2 Pengambilan Data	33
Gambar 4.3 Ilustrasi Mengenai Penentuan Faktor Kostan	35
Gambar 4.4 Atenuasi Gelombang 0,32 m Pada <i>R. mucronata</i>	40
Gambar 4.5 Atenuasi Gelombang 0,32 m Pada <i>A. marina</i>	41
Gambar 4.6 Atenuasi Gelombang 0,32 m Pada <i>S. alba</i>	41
Gambar 4.7 Atenuasi Gelombang 1,67 m Pada <i>R. mucronata</i>	42
Gambar 4.8 Atenuasi Gelombang 1,67 m Pada <i>A. marina</i>	43
Gambar 4.9 Atenuasi Gelombang 1,67 m Pada <i>S. alba</i>	43
Gambar 4.10 Grafik Atenuasi Gelombang Pada Mangrove 20 m	45
Gambar 4.11 Grafik Atenuasi Gelombang Pada Mangrove 40 m	46
Gambar 4.12 Grafik Tinggi Mangrove Pada Umur Tanam	50
Gambar 4.13 Grafik Atenuasi Gelombang 0,32 m Jarak Tanam 1	52
Gambar 4.14 Grafik Atenuasi Gelombang 0,32 m Jarak Tanam 2	52
Gambar 4.15 Grafik Atenuasi Gelombang 1,67 m Jarak Tanam 1	53
Gambar 4.16 Grafik Atenuasi Gelombang 1,67 m Jarak Tanam 2	53
Gambar 4.17 Perbedaan Reduksi Tinggi Gelombang.....	55

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mangrove merupakan ekosistem pesisir yang banyak dijumpai di daerah tropis dan sebagian sub tropis. Ekosistem mangrove ini memiliki banyak manfaat, baik secara ekonomi, biologi, maupun secara fisik. Secara ekonomi, mangrove dapat menghasilkan produk-produk yang bernilai jual seperti kayu, bahan makanan, obat-obatan dan lain-lain (Kordi, 2012; Ilham dkk, 2011), sedangkan secara biologi mangrove berperan sebagai habitat bagi bermacam-macam biota seperti ikan, krustasea, moluska, burung dan biota lainnya. Habitat yang dimaksud meliputi tempat pemijahan/*spawning ground*, pengasuhan/*nursery ground* dan tempat mencari makan/*feeding ground* bagi biota-biota yang tinggal di ekosistem mangrove (Nybakken, 1993). Selain fungsi ekonomi dan biologi tersebut, struktur vegetasi mangrove yang khas diketahui secara fisik dapat melindungi pantai dari gelombang sehingga dapat mencegah terjadinya erosi (Ilham dkk, 2011).

Kurangnya kesadaran masyarakat akan arti penting mangrove, keterbatasan ekonomi serta pertumbuhan jumlah penduduk yang semakin meningkat mendorong manusia untuk mengesksploitasi ekosistem tersebut. Eksploitasi ekosistem mangrove secara besar-besaran pernah terjadi empat pulau besar di Indonesia, yakni Sumatra, Jawa, Kalimantan dan Sulawesi dimana diperkirakan 1-1,7 juta Ha hilang akibat penebangan kayu mangrove hanya dalam kurun waktu 20 tahun (1980-2000) (Ilham dkk, 2011). Selain eksploitasi, masalah lain yang mengancam keberadaan mangrove adalah konversi lahan mangrove untuk kepentingan pemenuhan kebutuhan manusia. Seringkali lahan mangrove di alih fungsikan/dikonversi menjadi lahan pemukiman, pertanian, pertambakan serta untuk pembangunan infrastruktur pantai. Ilham dkk (2011) menyebutkan bahwa 50% hilangnya tutupan mangrove di Indonesia terjadi karena perluasan tambak udang. Seperti yang terjadi di Kalimantan Timur, yakni di Mahakam Delta dan Tarakan, dimana lebih dari 750.000 Ha mangrove mengalami konversi sebesar 300.000 Ha menjadi tambak hanya dalam satu dekade yang akhirnya menyebabkan erosi pada wilayah yang terkonversi tersebut.

Kejadian yang serupa juga terjadi di wilayah Kabupaten Gresik, tepatnya di Kecamatan Ujungpangkah. Wilayah Ujungpangkah ini merupakan wilayah pesisir utara Gresik yang memiliki potensi perikanan yang cukup tinggi, baik perikanan tambak maupun perikanan laut (Sulistiono dkk, 2001). Tingginya potensi perikanan di wilayah tersebut membuat masyarakat semakin ingin mencari keuntungan dari bisnis pertambakan sehingga mendorong mereka untuk mengkonversi lahan mangrove menjadi tambak-tambak baru. Konversi lahan mangrove pun terjadi di empat desa, yakni Desa Ngemboh, Desa Banyuurip, Desa Pangkahkulon dan Desa Pangkahwetan. Konversi yang terjadi sebesar 73,92% dalam kurun waktu 6 tahun (2004-2010) (Purnawan, 2012). Hilangnya mangrove di wilayah tersebut telah menyebabkan erosi di pantai Desa Banyuurip (Profil Sumber Daya Wilayah Pesisir Kecamatan Ujungpangkah, Kabupaten Gresik Tahun 2010). Terjadinya erosi di wilayah pantai karena hilangnya vegetasi mangrove di wilayah pantai Ujung Pangkah tersebut telah membuktikan betapa pentingnya keberadaan vegetasi mangrove sebagai sistem perlindungan alami pantai dari gelombang.

Mekanisme perlindungan pantai dari gelombang secara alami oleh vegetasi mangrove adalah penghancuran energi gelombang pada kondisi gelombang normal (Triatmodjo, 1999), ditandai dengan berkurangnya tinggi gelombang permukaan yang kemudian disebut sebagai atenuasi gelombang (Brinkman, 2006). Besarnya atenuasi gelombang yang dapat terjadi di suatu wilayah pantai akibat adanya vegetasi mangrove dipengaruhi oleh faktor hidrolik dan faktor karakteristik vegetasi mangrove (Hashim *et al.*, 2013). Faktor hidrolik yang dimaksud adalah kondisi hidrolik pantai yang meliputi kemiringan dasar pantai, kedalaman air serta tinggi gelombang (McIvor *et al.*, 2012), sedangkan karakteristik vegetasi mangrove yang dimaksud meliputi komposisi spesies, kerapatan pohon, lebar vegetasi, umur tanaman, ukuran pohon (tinggi pohon dan diameter batang pohon) serta sistem perakaran (Hashim *et al.*, 2013). Kombinasi dari masing-masing karakteristik vegetasi mangrove tersebut akan menghasilkan atenuasi gelombang yang bervariasi, sesuai dengan karakteristik vegetasi mangrove yang dilewati oleh gelombang yang datang.

Kemampuan mangrove dalam mengatenuasi gelombang pada pantai telah banyak diteliti, baik berdasarkan pengamatan di lapangan maupun pengamatan di laboratorium (Hashim *et al.*, 2013) yang kemudian menghasilkan beberapa model mengenai peran mangrove sebagai pelindung pantai dari gelombang. Beberapa model tersebut adalah model oleh Mangkoedihardjo (2007) dan Bao (2011). Mangkoedihardjo (2007) memodelkan peran mangrove dalam mengurangi jarak perjalanan gelombang yang menuju ke daratan. Model tersebut menganalogikan wilayah pantai sebagai suatu saluran terbuka yang sangat lebar. Pada model tersebut digunakan prinsip hidrolika saluran terbuka dengan analisis pendekatan manning untuk memodelkan besarnya jarak perjalanan gelombang pada pantai dengan mangrove dan pantai tanpa mangrove. Parameter dalam model yang digunakan sebagai pembeda adalah nilai kekasaran manning yang digunakan pada pantai dengan mangrove dan pantai tanpa mangrove. Sedangkan untuk parameter hidrolik kecepatan *run off* (V_r) dan jari-jari hidrolik (R) adalah sama untuk kedua jenis pantai (dengan mangrove dan tanpa mangrove) sehingga dalam model kedua parameter tersebut dianggap sama dan untuk selanjutnya disebut sebagai faktor konstan. Walaupun dianggap sama, kedua parameter tersebut tidak boleh diabaikan, sehingga faktor konstan harus ditentukan terlebih dahulu sebelum menggunakan model untuk mengetahui lebar optimum mangrove yang diperlukan pada pantai. Model Mangkoedihardjo (2007) ini memiliki keterbatasan, dimana vegetasi mangrove hanya diwakilkan oleh nilai kekasaran manning saja, padahal mangrove merupakan suatu vegetasi dengan karakteristik yang sangat bervariasi.

Bao (2011) memodelkan besarnya atenuasi gelombang yang terjadi setelah gelombang tersebut melewati suatu vegetasi mangrove dengan karakteristik tertentu. Pada model tersebut karakteristik vegetasi mangrove yang dianggap berpengaruh adalah tinggi pohon, kerapatan pohon serta persen tutupan kanopi pada suatu vegetasi mangrove dengan lebar tertentu. Keterbatasan model Bao (2011) ini adalah tidak dipertimbangkannya faktor-faktor hidrolik pantai yang juga dapat mempengaruhi atenuasi gelombang. Oleh sebab itu diperlukan suatu penelitian mengenai atenuasi gelombang pada pantai dengan memperhatikan kedua faktor yang mempengaruhi, yakni faktor hidrolik pantai menggunakan

model oleh Mangkoedihardjo (2007) dan faktor karakteristik vegetasi mangrove menggunakan model oleh Bao (2011).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dijelaskan maka dalam penelitian ini dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapakah faktor konstan pada pantai tanpa vegetasi mangrove?
2. Berapakah lebar mangrove yang diperlukan berdasarkan kondisi hidrolik pantai?
3. Bagaimanakah pengaruh karakteristik vegetasi mangrove terhadap atenuasi gelombang di pantai?

1.3 Tujuan

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah:

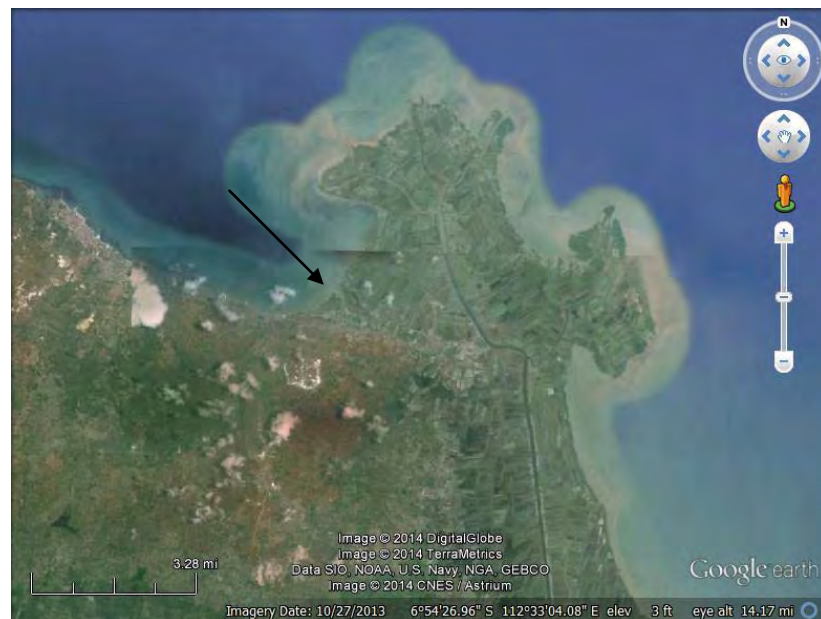
1. Mengetahui faktor konstan pada pantai tanpa vegetasi mangrove.
2. Mengetahui lebar mangrove yang diperlukan berdasarkan kondisi hidrolik pantai.
3. Menganalisis pengaruh karakteristik vegetasi mangrove terhadap atenuasi gelombang di pantai.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah:

1. Lokasi penelitian ini adalah wilayah pantai Desa Banyuurip, Kecamatan Ujungpangkah, Kabupaten Gresik. Gambaran mengenai lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.1.
2. Nilai kekasaran yang digunakan diasumsikan sebagai berikut:
 - a. $n = 0,05$ untuk pantai tanpa vegetasi mangrove.
 - b. $n = 0,15$ untuk pantai dengan vegetasi mangrove.
3. Lebar mangrove yang dimaksud dalam penelitian ini adalah lebar mangrove tegak lurus garis pantai (lebar dari arah pantai ke arah laut).
4. Karakteristik vegetasi mangrove pada penelitian ini hanya meliputi tinggi pohon, kerapatan pohon serta persen tutupan kanopi.

5. Model yang digunakan terbatas untuk Pantai Utara Jawa tanpa memperhatikan faktor arus laut.
6. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:
 - Tinggi Gelombang : gelombang maksimum, gelombang minimum dan gelombang rata-rata tahunan.
 - Jenis mangrove : *Rhizophora mucronata*, *Sonneratia alba* dan *Avicenia marina* (Jenis mangrove yang dapat tumbuh di Ujung Pangkah (Karim, 2007))
 - Tinggi mangrove : Tinggi mangrove divariasikan berdasarkan umur tanam mangrove, yakni 2, 3 dan 4 tahun.
7. Data tinggi gelombang dan pasang surut merupakan data sekunder yang didapatkan dari BMKG Maritim Perak.



Gambar 1.1. Lokasi Penelitian (Sumber: Google Earth, 2013)

1.5 Manfaat

Penelitian ini menggabungkan kedua model peran mangrove dalam melindungi pantai dari gelombang sehingga diharapkan dapat memberikan informasi mengenai atenuasi gelombang berdasarkan dua faktor yang mempengaruhi, yakni faktor-faktor hidrolik pantai dan karakteristik vegetasi mangrove sehingga informasi yang diberikan tidak terbatas oleh salah satu faktor

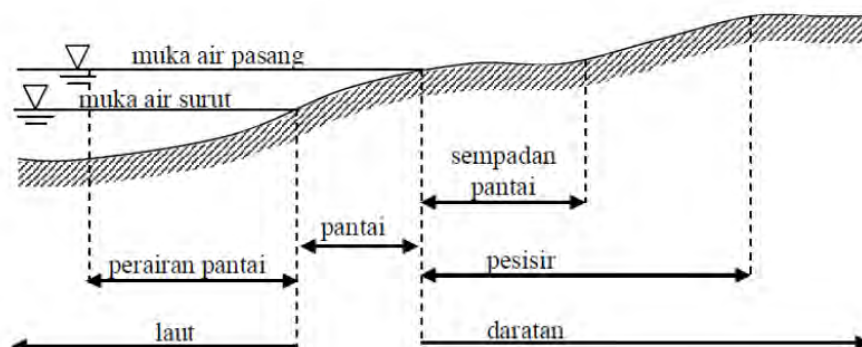
seperti pada model Mangkoedihardjo (2007) dan Bao (2011). Selain itu hasil penelitian ini dapat juga dimanfaatkan oleh pengelola wilayah pesisir Kabupaten Gresik sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan upaya pengelolaan wilayah pesisir melalui upaya rehabilitasi mangrove yang menjadi prioritas utama rehabilitasi ekosistem pesisir di Gresik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Wilayah Pesisir

Wilayah pesisir dan pantai merupakan dua istilah dalam Bahasa Indonesia yang sering rancu dalam pemakaiannya, sehingga Triatmodjo (1999) memberikan gambaran mengenai batasan pesisir dan pantai supaya dapat lebih mudah memahami perbedaan antara kedua istilah tersebut (Gambar 2.1). Pada dasarnya, terdapat dua daerah utama, yakni daerah daratan dan daerah lautan. Kedua daerah ini dipisahkan oleh suatu wilayah yang merupakan batas antara pasang air laut tertinggi dan surut terendah yang disebut dengan pantai/*shore* (Nybakken, 1993). Garis batas pertemuan antara daratan dan air laut disebut dengan garis pantai, dimana posisi garis pantai ini tidak tetap dan mudah berubah bergantung dari kondisi pasang surut air laut yang terjadi. Sedangkan pesisir/*coast* diartikan sebagai wilayah daratan yang masih mendapatkan pengaruh dari laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air laut. Pada wilayah pesisir ini terdapat sempadan pantai yang merupakan kawasan tertentu yang bermanfaat untuk mempertahankan kelestarian fungsi pantai. Adapun kriteria dari sempadan pantai adalah daratan sepanjang tepian yang lebarnya sesuai dengan bentuk dan kondisi fisik pantai, minimal 100 m dari batas pasang tertinggi ke arah daratan (Triatmodjo, 2011).



Gambar 2.1. Batasan Pantai (Sumber: Triatmodjo, 1999)

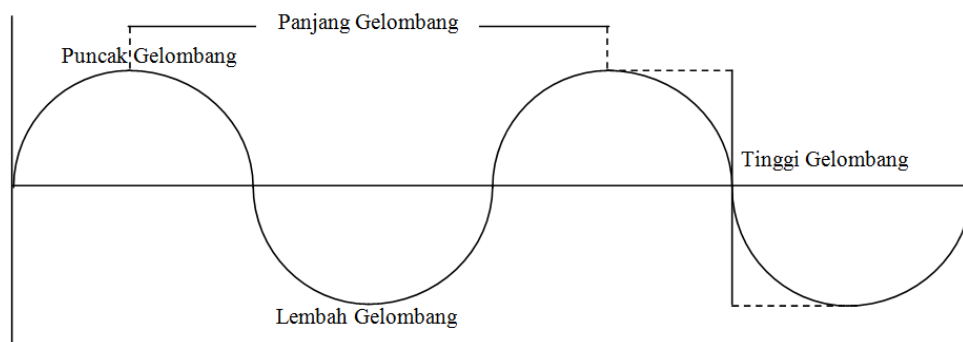
Wilayah pesisir memiliki banyak fungsi, antara lain sebagai tempat pemeliharaan biodiversitas, pengedar nutrien dan penyaring bahan pencemar dari daratan (Mukhopadhyay *et al*, 2012). Wilayah pesisir ini juga sangat intensif dimanfaatkan untuk kegiatan manusia seperti sebagai kawasan pusat pemerintahan, pemukiman, industri, pertambangan, pertanian serta area rekreasi dan pariwisata (Triatmodjo, 1999). Tingginya potensi yang dimiliki oleh wilayah pesisir ini menjadi daya tarik bagi manusia untuk tinggal pada wilayah ini. Seperti yang disebutkan oleh Small dan Nicholls (2003) bahwa sekitar 23% populasi manusia di dunia tinggal di wilayah pesisir pada jarak 100 km dari pantai.

2.2. Permasalahan Wilayah Pesisir

Meningkatnya kegiatan manusia di wilayah pesisir selanjutnya akan mengakibatkan timbulnya beberapa masalah, seperti erosi, pencemaran lingkungan akibat limbah industri dan limbah domestik yang berasal dari kawasan industri dan pemukiman di sekitar wilayah pesisir serta intrusi air laut yang terjadi akibat pemompaan air tanah secara berlebihan, sehingga muka air laut lebih tinggi daripada muka air tanah (Triatmodjo, 1999). Permasalahan yang sering dihadapi oleh masyarakat atau pengelola wilayah pesisir hampir di seluruh dunia adalah masalah erosi (Pilarczyk, 2003). Terjadinya erosi di suatu pantai dapat ditandai dengan mundurnya garis pantai di wilayah tersebut. Secara alami, erosi terjadi akibat hantaman gelombang yang sampai ke daratan, namun ada faktor lain yang menjadi penyebab utama terjadinya erosi yakni kegiatan manusia seperti penebangan mangrove, pengambilan terumbu karang, perluasan area tambak ke arah laut tanpa memperhatikan wilayah sempadan pantai dan lain-lain (Triatmodjo, 1999). Hilangnya mangrove, terumbu karang serta wilayah sempadan pantai tersebut menyebabkan pantai kehilangan sistem pelindungnya terhadap gelombang yang datang, sehingga pantai semakin rentan mengalami erosi. Dampak yang ditimbulkan dari peristiwa erosi ini dapat sangat merugikan, seperti kerusakan infrastruktur dan bangunan di sekitar pantai, terganggunya kehidupan masyarakat sekitar pantai serta timbulnya konflik kepemilikan lahan pesisir (Ilham dkk, 2011).

2.3. Gelombang

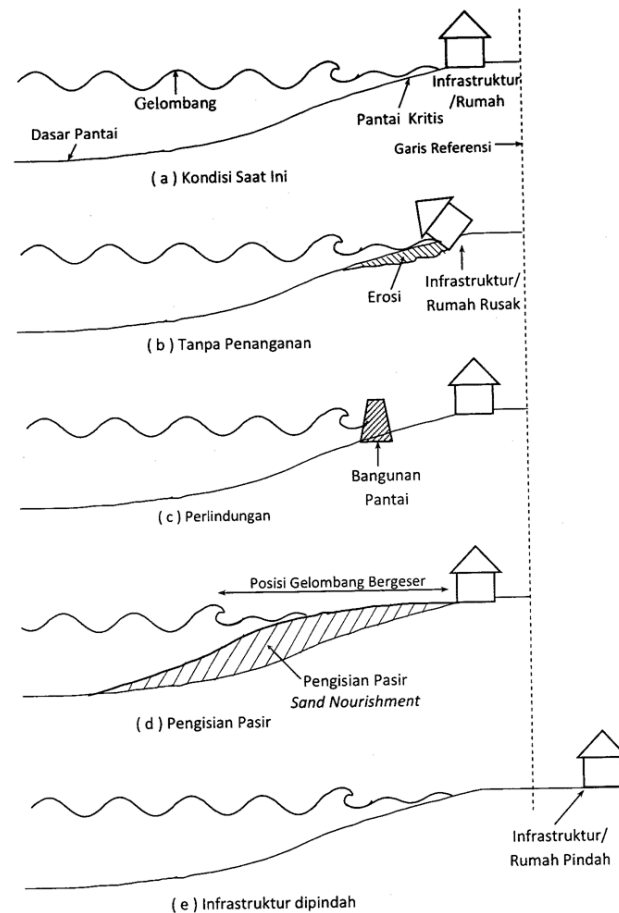
Gelombang yang terbentuk di laut dapat bermacam-macam bergantung pada gaya pembangkitnya. Gaya pembangkit tersebut antara lain tiupan angin yang membentuk gelombang angin, gaya tarik menarik benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi yang membentuk gelombang pasang surut, letusan gunung api dan gempa di laut yang membentuk gelombang tsunami serta gaya pembangkit dari gerakan kapal (Triatmodjo, 1999). Dari beberapa gaya pembangkit gelombang tersebut, tiupan angin diatas permukaan laut adalah pembangkit gelombang yang utama. Gelombang ini selalu bergerak menimbulkan ayunan air pada lapisan permukaan laut yang jarang dijumpai dalam keadaan diam sama sekali. Pada cuaca yang tenang dengan hembusan angin sepoi-sepoi akan terbentuk riak gelombang, sedangkan pada hembusan angin yang lebih kencang seperti ketika badai akan terbentuk gelombang besar yang dapat menimbulkan kerusakan hebat pada kapal-kapal atau daerah-daerah pantai. Besar kecilnya gelombang yang terbentuk sangat dipengaruhi oleh kecepatan angin, waktu dimana angin sedang bertiup dan jarak tanpa rintangan dimana angin sedang bertiup/*fetch*. Ketiga faktor tersebut berbanding lurus dengan besarnya gelombang yang terbentuk, dimana makin kencang anginnya, makin meningkat waktu serta makin besar *fetch*-nya, maka makin besar pula gelombang yang akan terbentuk (Hutabarat dan Evans, 2012). Gambar 2.2 memberikan gambaran mengenai istilah-istilah dalam gelombang.



Gambar 2.2 Bentuk Gelombang Ideal (Disederhanakan berdasarkan Weihaupt, 1979 dalam Hutabarat dan Evans, 2012)

2.4. Struktur Pelindung Pantai

Kerusakan pantai yang terjadi harus ditangani dengan baik supaya tidak menimbulkan dampak merugikan yang berkepanjangan. Triatmodjo (2011) menyebutkan beberapa alternatif penanganan untuk mengurangi kerusakan pantai. Alternatif penanganan tersebut diilustrasikan seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Penanganan Kerusakan Pantai (Sumber: Triatmodjo, 2011)

Gambar 2.3a menunjukkan kondisi pantai yang kritis akibat serangan gelombang yang dapat membahayakan infrastruktur di sekitar pantai. Jika kondisi tersebut tidak segera ditangani dengan baik, maka yang akan terjadi adalah kerusakan infrastruktur di daerah pantai seperti Gambar 2.3b. Sedangkan Gambar 2.3 c,d,e menunjukkan alternatif penanganan yang dapat dilakukan agar kerusakan pantai tidak berkepanjangan. Alternatif pertama adalah memasang bangunan pelindung pantai, sehingga infrastruktur dapat terlindung dari serangan gelombang (Gambar 2.3c). Pemasangan bangunan pelindung pantai ini disebut

juga perlindungan menggunakan *hard structure* (Efendi, 2014). Pratiko dkk (1997) memberikan alternatif bangunan pantai/*hard structure* yang dapat dipilih, yaitu *detached breakwater*, *groin*, *revetment*, *seawall* dan *bulkhead*. Sedangkan cara lain untuk melindungi pantai adalah dengan *soft structure*, meliputi pengisian pasir/*beach nourishment* yang akan membuat garis pantai maju dan gelombang bergeser ke arah laut (Gambar 2.3d) dan penanaman pohon pelindung pantai (Efendi, 2014). Penanaman pohon pelindung pantai merupakan penanganan secara alami yang dapat dilakukan apabila kerusakan pantai tidak parah dan tidak mengancam keselamatan penduduk atau infrastruktur di sekitar pantai. Pelindung pantai alami yang dimaksud dapat berupa hutan pantai, baik vegetasi mangrove maupun non mangrove seperti kelapa dan pandan (Kordi, 2012). Namun jika kondisi kerusakan pantai sudah kritis dan mengancam keselamatan penduduk atau infrastruktur di sekitar pantai, maka penangananan harus segera dilakukan dengan pemasangan *hard structure* dan *beach nourishment*. Apabila tidak dilakukan penanganan, maka alternatif terakhir untuk menyelamatkan infrastruktur yang ada adalah pemindahan infrastruktur ke lokasi yang aman (Gambar 2.3e) (Triatmodjo, 2011).

2.5. Ekosistem Mangrove

Beberapa ahli mendefinisikan mangrove secara berbeda-beda, namun pada dasarnya merujuk pada hal yang sama. Melana *et al* (2000) mengartikan ekosistem mangrove sebagai suatu lingkungan yang mempunyai ciri khusus karena lantai hutannya secara teratur digenangi oleh air yang dipengaruhi oleh salinitas serta fluktuasi ketinggian permukaan air karena adanya pasang surut air laut. Sedangkan berdasarkan Soerianegara (1987) dalam Noor dkk (2006) mangrove didefinisikan sebagai hutan yang tumbuh pada lumpur alluvial di daerah pantai dan muara sungai serta keberadaannya selalu dipengaruhi pasang surut air laut. Definisi mangrove lainnya yakni merupakan tanaman berkayu yang tumbuh dibatas darat dan laut wilayah tropis dan sub-tropis dengan salinitas tinggi, pasang ekstrim, angin kencang, suhu tinggi, tanah berlumpur dan bersifat anaerobik (Kathiresan dan Bingham, 2001).

2.5.1 Tipe formasi mangrove berdasarkan struktur ekosistem

Mangrove memiliki tiga tipe formasi berdasarkan struktur ekosistemnya, yakni mangrove pantai, mangrove muara dan mangrove sungai (Purnobasuki, 2005). Perbedaan pengaruh air pada wilayah pantai, muara dan sungai menyebabkan mangrove membentuk formasi yang khas pada masing-masing wilayah tersebut. Pada wilayah pantai, pengaruh air laut lebih dominan jika dibandingkan dengan pengaruh air sungai, sehingga struktur horizontal pada formasi ini dari laut ke arah daratan adalah *Avicennia sp*, *Sonneratia*, *Rhizophora*, *Bruguiera* dan *Nypa*. Sedangkan pada muara, dimana pengaruh air laut sama dengan pengaruh air sungai, formasi mangrove yang terbentuk adalah *Rhizophora*, *Bruguiera* dan diakhiri dengan komunitas murni *Nypa fructicans*. Tipe formasi mangrove terakhir adalah yang hidup di sungai, dimana pengaruh air sungai lebih dominan dari air laut. Pada tipe ini, formasi mangrove yang dijumpai banyak berasosiasi dengan komunitas daratan.

2.5.2 Faktor pembatas

Tumbuhan pada ekosistem mangrove diketahui memiliki daya adaptasi yang sangat tinggi. Tumbuhan tersebut tahan terhadap lingkungan dengan suhu perairan yang tinggi, fluktuasi salinitas yang luas dan tanah yang anaerob (Kathiresan, 2008). Kemampuan adaptasi fisiologisnya tersebut disebabkan oleh sistem pengudaraan di akar-akarnya. Purnobasuki (2005) menyebutkan bahwa pada organ akar mangrove terdapat banyak sekali jaringan aerenkim yang berfungsi dalam membantu transpor oksigen dan menjadikan tumbuhan ini beradaptasi dengan baik di habitat berlumpur dengan kadar oksigen yang sangat rendah. Terdapat beberapa faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan mangrove di suatu wilayah. Faktor-faktor lingkungan tersebut adalah:

a. Kondisi topografi pantai

Kondisi topografi pantai mempengaruhi komposisi, distribusi serta lebar hutan mangrove. Sehingga komposisi, distribusi dan lebar hutan mangrove akan berbeda pada pantai yang landai dan pada pantai yang terjal. Pada pantai landai, ruang yang disediakan untuk pertumbuhan mangrove lebih luas sehingga

distribusinya semakin luas dan semakin lebar, sebaliknya kontur pada pantai terjal akan menyulitkan mangrove untuk tumbuh (Badan Lingkungan Hidup, 2012).

b. Pasang surut

Pasang surut air laut akan menentukan waktu serta tinggi penggenangan suatu lokasi yang akan mempengaruhi jenis spesies yang dapat tumbuh di lokasi tersebut. Hal ini terjadi karena waktu dan tinggi penggenangan akan mempengaruhi salinitas tanah dimana salinitas akan meningkat ketika air pasang dan sebaliknya akan menurun ketika air surut (Kordi, 2012).

c. Gelombang dan arus

Gelombang dan arus dapat merubah struktur dan fungsi ekosistem mangrove. Pada lokasi-lokasi yang memiliki gelombang yang cukup besar biasanya hutan mangrove mengalami abrasi sehingga terjadi pengurangan luasan hutan. Gelombang dan arus juga berpengaruh langsung terhadap distribusi spesies misalnya buah atau semai *Rhizophora* terbawa gelombang dan arus sampai menemukan substrat yang sesuai untuk menancap dan akhirnya tumbuh. Gelombang dan arus berpengaruh tidak langsung terhadap sedimentasi pantai dan pembentukan padatan-padatan pasir dimuara sungai. Terjadinya sedimentasi dan padatan-padatan ini merupakan substrat yang baik untuk menunjang pertumbuhan mangrove (Noor dkk, 2006).

d. Suhu

Pada mangrove, suhu yang menjadi pembatas pertumbuhan tanaman adalah suhu rendah. Suhu yang baik untuk pertumbuhan mangrove adalah tidak kurang dari 20°C. Sedangkan suhu tinggi (>40°C) cenderung tidak mempengaruhi pertumbuhan dan kehidupan mangrove (Kordi, 2012).

e. Salinitas

Salinitas merupakan salah satu faktor penentu penyebaran mangrove di suatu wilayah. Apabila suplai air tawar tidak tersedia, maka salinitas akan berubah dimana kadar garam tanah dan air mencapai kondisi ekstrem dan dapat mengancam kelangsungan hidup spesies mangrove tersebut (Dahuri, 2003). Kondisi salinitas optimum yang dibutuhkan mangrove untuk tumbuh menurut Romonohtarto dan Juwana (2009) berkisar antara 10- 30 ‰. Terdapat tiga mekanisme adaptasi mangrove terhadap salinitas tinggi, yakni mensekresi garam

(*salt secretor*), tidak mensekresi garam (*salt excluders*) dan mengakumulasi garam (*salt accumulator*) (Anonim, 2007). Pada mekanisme sekresi garam (*salt secretor*), mangrove akan menyerap air dengan kadar salinitas tinggi kemudian mensekresikan garam tersebut keluar dari pohon melalui kelenjar garam (*salt glands*) yang terletak pada daun. Sedangkan pada mekanisme tanpa sekresi garam (*salt excluders*) penyerapan air melalui akar tidak disertai dengan penyerapan garam, hal ini terjadi karena jenis mangrove ini memiliki ultra filter pada bagian akar yang dapat mencegah masuknya garam kedalam jaringan. Pada mekanisme terakhir yakni akumulasi garam (*salt accumulator*) terjadi peristiwa akumulasi garam pada bagian-bagian tertentu seperti akar, kulit pohon dan daun yang tua. Pada umumnya garam akan terakumulasi pada bagian daun yang sukulen, yakni bagian daun yang mengandung banyak air. Kelebihan akumulasi garam dalam tanaman akan dikeluarkan melalui jaringan metabolik atau dengan cara menggugurkan daun yang sudah tua (Anonim, 2007).

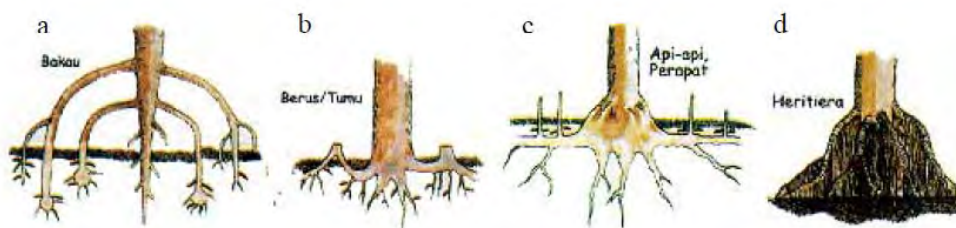
f. Substrat

Tipe substrat pada suatu pantai sangat mempengaruhi pertumbuhan mangrove. Tipe tanah jenis *silt* dan *clay* merupakan faktor penunjang proses regenerasi dimana partikel liat yang berupa lumpur akan menangkap buah tumbuhan mangrove yang jatuh ketika sudah masak. Proses regenerasi ini sangat mempengaruhi kepadatan mangrove di suatu area. Sebaliknya pada pantai dengan substrat berpasir atau pasir dengan campuran pecahan karang, kepadatan mangrovenya akan rendah dikarenakan jenis substrat tersebut tidak mampu menangkap/menahan buah mangrove yang jatuh sehingga proses regenerasi tidak terjadi (Kordi, 2012).

2.5.3 Manfaat dan Fungsi Mangrove

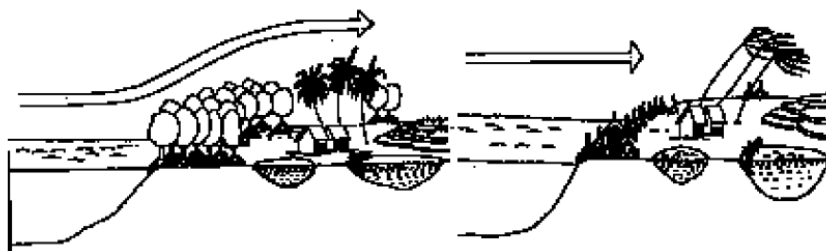
Mangrove merupakan ekosistem yang sangat produktif. Mangrove menghasilkan berbagai macam produk baik secara langsung maupun tak langsung, seperti sumber bahan bakar (kayu, arang), bahan bangunan (balok, papan), keperluan rumah tangga, bahan tekstil, makanan dan obat-obatan (Gunarto, 2004). Tingginya potensi pemanfaatan mangrove tersebut kemudian mempengaruhi tingkat dan laju perekonomian pedesaan yang berada di wilayah pesisir, dimana

perekonomian sangat bergantung pada habitat mangrove yang berada di sekitarnya (Noor dkk, 2006). Selain pemanfaatan yang bernilai ekonomis tersebut, mangrove juga memiliki fungsi baik fungsi biologis maupun fungsi fisik. Secara biologis, mangrove berperan sebagai tempat pemijahan/*spawning ground*, pengasuhan/*nursery ground* dan tempat mencari makan/*feeding ground* bagi berbagai macam biota pada ekosistem mangrove (Nybakken, 1993). Sedangkan fungsi fisik dari mangrove adalah menjaga kondisi pantai agar tetap stabil, melindungi tebing pantai dan tebing sungai, mencegah terjadinya abrasi dan intrusi air laut, serta sebagai perangkap zat pencemar (Gunarto, 2004). Fungsi fisik mangrove ini berkaitan erat dengan sistem perakaran mangrove yang kuat dan kokoh tertancap pada substrat dasar perairan (Gambar 2.4). Kuatnya sistem perakaran yang dimiliki mangrove ini membuat mangrove sebagai salah satu alternatif yang dapat digunakan sebagai struktur pelindung pantai.



Gambar 2.4 Bentuk Akar Pohon Pada Ekosistem Mangrove. a) Akar tunjang; b) Akar lutut; c) Akar Pasak; d) Akar Papan (Sumber: Onrizal, 2008)

Seperti yang disebutkan Ilham dkk (2011) bahwa mangrove dapat melindungi area pesisir dari angin kencang, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5 dan mangrove juga dapat melindungi pantai dari hantaman gelombang Tsunami seperti Gambar 2.6.



Gambar 2.5 Ilustrasi Sederhana Peran Mangrove Dalam Melindungi Area Pesisir Dari Angin Kencang (Sumber: Ilham dkk, 2011)

2.5.4 Kerusakan ekosistem mangrove

Pentingnya keberadaan ekosistem mangrove disuatu wilayah tampaknya kurang disadari oleh masyarakat sekitar pesisir, sehingga ekosistem mangrove ini menjadi sangat rentan akan kerusakan (Dahuri, 2003). Kerusakan yang terjadi bisa disebabkan oleh karena bencana alam, seperti Tsunami yang melanda Nangroe Aceh Darusalam pada tahun 2004 yang lalu. Dimana hutan mangrove seluas 25.000 Ha rusak akibat hantaman gelombang Tsunami (Indriatmoko dkk, 2006) (Gambar 2.6a)

Selain karena bencana alam, kerusakan ekosistem mangrove ini juga dapat disebabkan oleh kegiatan manusia seperti pengembangan wilayah pesisir, perluasan lahan pertambakan, perluasan dan pengembangan wilayah pertanian kelapa sawit, pengembangan wilayah pertanian, konversi menjadi tambak garam dan penebangan kayu mangrove (Gambar 2.6b) (Ilham dkk, 2011). Salah satu faktor penyebab yang memberikan kontribusi yang cukup besar dalam kerusakan mangrove di Indonesia adalah kegiatan perluasan lahan pertambakan untuk budidaya perairan (Dahuri, 2003). Ilham, dkk (2011) menyebutkan bahwa 50% hilangnya tutupan mangrove di Indonesia terjadi karena perluasan tambak udang. Seperti yang terjadi di Kalimantan Timur, yakni di Mahakam Delta dan Tarakan, dimana lebih dari 750.000 Ha mangrove mengalami konversi sebesar 300.000 Ha menjadi tambak hanya dalam satu dekade. Konversi mangrove besar-besaran tidak hanya terjadi di wilayah dengan tutupan mangrove yang luas saja, melainkan juga terjadi di wilayah dengan mangrove yang sedikit seperti di Banawa, Sulawesi Tengah yang diperkirakan 69% (391 Ha) dari total luas 536 Ha mangrove dikonversi menjadi tambak dalam kurun waktu 15 tahun (1985-2000).



Gambar 2.6 Kerusakan Eskosistem Mangrove; a) Akibat Tsunami; b) Akibat penebangan liar (Sumber: Ilham dkk, 2011)

2.5.5 Rehabilitasi Mangrove

Rehabilitasi mangrove merupakan aktivitas penanaman mangrove yang dilakukan di sepanjang pantai, terutama pantai-pantai yang hutan mangrovenya sudah hilang atau yang telah mengalami kerusakan (Kordi, 2012). Tujuan dari rehabilitasi mangrove ini sendiri adalah untuk mengembalikan fungsi mangrove baik secara ekologis maupun ekonomis. Bibit mangrove yang akan ditanam harus sesuai dengan kondisi lingkungan tempat rehabilitasi. Penelitian ini dilakukan di wilayah pantai Desa Banyuurip dengan kondisi pantai yang melandai ke arah laut dan memiliki substrat dasar perairan berupa lumpur dan pasir. Berdasarkan Karim (2007), jenis mangrove yang pernah tumbuh di wilayah pantai Kecamatan Ujungpangkah antara lain *Rhizophora mucronata*, *Avicennia marina* dan *Sonneratia alba*.

- ***Rhizophora mucronata***

Klasifikasi *Rhizophora mucronata* adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Rhizophorales
Famili	: Rhizophoraceae
Genus	: <i>Rhizophora</i>
Spesies	: <i>Rhizophora mucronata</i>

Tumbuh pada tanah berlumpur, namun juga toleran terhadap substrat yang lebih keras dan pasir, dalam dan tergenang pada saat pasang normal. Pada umumnya tumbuh dalam kelompok, dekat atau pada pematang sungai pasang surut dan di muara sungai, jarang sekali tumbuh pada daerah yang jauh dari air pasang surut. Pertumbuhan optimal terjadi pada areal yang tergenang dalam, serta pada tanah yang kaya akan humus. Merupakan salah satu jenis tumbuhan mangrove yang paling penting dan paling tersebar luas. Ketinggian pohon mencapai 27 m, jarang melebihi 30 m. Diameter batang mencapai 70 cm dengan kulit kayu berwarna gelap hingga hitam. Akar tunjang dan akar udara yang tumbuh dari percabangan bagian bawah (Noor dkk, 2006).



Gambar 2.7 Morfologi *Rhizophora mucronata*. a) Pohon; b) Daun
(Sumber: Noor dkk, 2006)

- ***Avicennia marina***

Klasifikasi *Rhizophora mucronata* adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Lamiales
Famili	: Acanthaceae
Genus	: <i>Avicennia</i>
Spesies	: <i>Avicennia marina</i>

Merupakan tumbuhan pionir pada lahan pantai yang terlindung, memiliki kemampuan menempati dan tumbuh pada berbagai habitat pasang-surut, bahkan di tempat bersalinitas tinggi sekalipun. Jenis ini merupakan salah satu jenis tumbuhan yang paling umum ditemukan di habitat pasang-surut. Akarnya sering dilaporkan membantu pengikatan sedimen dan mempercepat proses pembentukan tanah timbul. Jenis ini dapat juga bergerombol membentuk suatu kelompok pada habitat tertentu. Ketinggian pohon dapat mencapai 30 meter. Memiliki sistem perakaran horizontal yang rumit dan berbentuk pensil (atau berbentuk asparagus), akar nafas tegak dengan sejumlah lentisel. Kulit kayu halus dengan burik-burik hijau-abu dan terkelupas dalam bagian-bagian kecil. Ranting muda dan tangkai daun berwarna kuning, tidak berbulu (Noor dkk, 2006).



Gambar 2.8 Morfologi *Avicennia marina*. a) Pohon; b) Daun
(Sumber: Noor dkk, 2006)

- ***Sonneratia alba***

Klasifikasi *Sonneratia alba* adalah sebagai berikut :

Kingdom : Plantae
 Divisi : Magnoliophyta
 Kelas : Magnoliopsida
 Ordo : Magnoliales
 Famili : Sonneratiaceae
 Genus : *Sonneratia*
 Spesies : *Sonneratia alba*

Merupakan tumbuhan pionir yang menyukai tanah dengan substrat lumpur bercampur pasir, batuan dan karang. Tidak toleran terhadap air tawar dalam periode yang lama. Sering ditemukan di lokasi pesisir yang terlindung dari hempasan gelombang, juga di muara dan sekitar pulau-pulau lepas pantai. Di lokasi dimana jenis tumbuhan lain telah ditebang, maka jenis ini dapat membentuk tegakan yang padat. Perbungaan terjadi sepanjang tahun. Bunga hidup tidak terlalu lama dan mengembang penuh di malam hari, mungkin diserbuki oleh ngengat, burung dan kelelawar pemakan buah. Di jalur pesisir yang berkarang mereka tersebar secara vegetatif. Akar nafas tidak terdapat pada pohon yang tumbuh pada substrat yang keras. Pohon selalu hijau, tumbuh tersebar, ketinggian kadang-kadang hingga 15 m. Kulit kayu berwarna putih tua hingga coklat. Akar berbentuk kabel di bawah tanah dan muncul kepermukaan sebagai

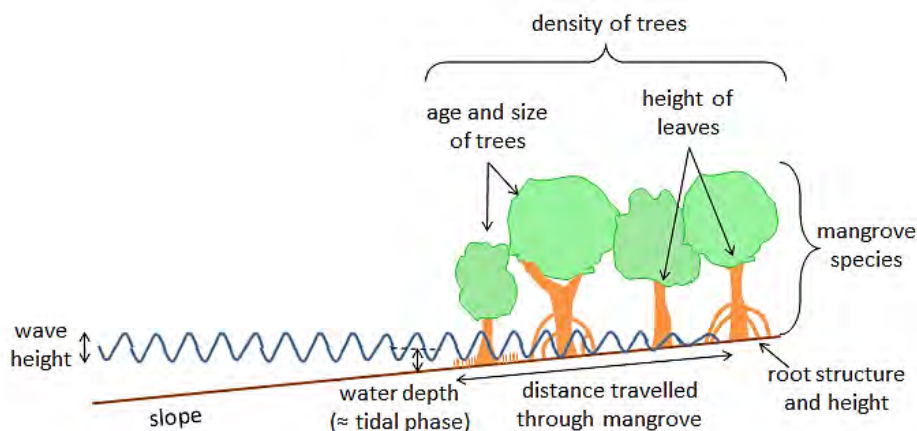
akar nafas yang berbentuk kerucut tumpul dan tingginya mencapai 25 cm (Noor dkk, 2006).



Gambar 2.9 Morfologi *Sonneratia alba*. a) Pohon; b) Daun
(Sumber: Noor dkk, 2006)

2.6. Atenuasi Gelombang pada Ekosistem Mangrove

Mangrove diketahui dapat mengurangi tingkat kerusakan akibat gelombang Tsunami serta dapat melemahkan gelombang yang datang/atenuasi gelombang. Struktur tanaman mangrove dapat langsung meredam gelombang yang secara tidak langsung akan mengurangi dampak gelombang dengan menstabilkan dan membentuk sedimen (Hashim *et al*, 2013). Faktor-faktor yang mempengaruhi efektifitas mangrove terhadap atenuasi gelombang digolongkan kedalam dua faktor, yaitu faktor hidrolik dan faktor karakteristik vegetasi mangrove (Hashim *et al*, 2013). McIvor *et al* (2012) mengilustrasikan atenuasi gelombang yang terjadi pada ekosistem mangrove (Gambar 2.10).



Gambar 2.10 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Atenuasi Gelombang
(Sumber: McIvor *et al*, 2012)

Dari Gambar 2.10 diatas dapat dilihat bahwa faktor hidrolik yang berperan adalah tinggi gelombang, kemiringan serta kedalaman air. Sedangkan faktor karakteristik vegetasi mangrove yang berperan adalah umur, diameter batang, tinggi, struktur akar serta spesies mangrove.

Mangkoedihardjo (2007) mengembangkan model hipotesis berdasarkan prinsip hidrolika saluran terbuka yang dianalisa menggunakan pendekatan persamaan manning dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{hf}{L} = n^2 (V_r / R^{2/3})^2$$

dimana :

hf : perbedaan tinggi muka air

L : panjang perjalanan gelombang

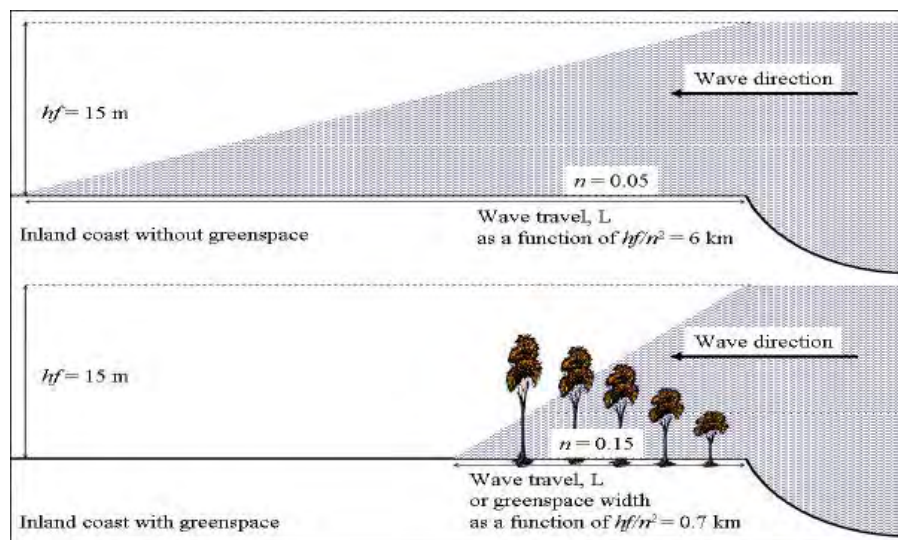
V_r : kecepatan *run off*

$R^{2/3}$: jari-jari hidrolik

n : koefisien kekasaran manning

Nilai kekasaran (n) yang dipakai berbeda untuk dua jenis pantai, yaitu :

- $n = 0,05$ pada pantai tanpa vegetasi mangrove (diasumsikan setara dengan kekasaran pada saluran licin)
- $n = 0,15$ pada pantai penuh vegetasi mangrove (diasumsikan setara dengan kekasaran saluran penuh rintangan)



Gambar 2.11 Model Hipotesis Mangrove untuk Wilayah Pesisir Sebagai Sistem Pelindung Pantai dari Gelombang (Sumber: Mangkoedihardjo, 2007)

Dari model hipotesis Mangkoedihardjo (2007) diatas, akan didapatkan lebar mangrove yang diperlukan untuk meredam gelombang pada pantai. Namun faktor karakteristik vegetasi mangrove belum diperhitungkan dalam model tersebut. Penelitian mengenai hubungan karakteristik vegetasi mangrove terhadap atenuasi gelombang pernah dilakukan oleh Bao (2011). Pada penelitiannya, Bao (2011) mengembangkan sebuah model dengan mempertimbangkan komponen-komponen karakteristik vegetasi mangrove seperti kerapatan pohon, tinggi pohon, lebar mangrove serta persen tutupan kanopi mangrove. Persamaan model oleh Bao (2011) adalah sebagai berikut :

$$B_w = \frac{\ln(Wh) - \ln(0,9899 Iwh + 0,3526)}{0,048 - (0,0016 \times TH) - (0,00178 \times \ln(TD)) - 0,0077(\ln(CC))}$$

dimana :

- Bw : lebar mangrove optimum (m)
- Iwh : tinggi gelombang dibelakang vegetasi mangrove (dapat juga dikatakan sebagai tinggi gelombang yang dihasilkan setelah melintasi vegetasi mangrove) (cm)
- Wh : tinggi gelombang sebelum melintasi vegetasi mangrove (cm)
- TH : rata-rata tinggi pohon/*tree height* (m)
- TD : kerapatan pohon/*tree density* (jumlah pohon/Ha)
- CC : tutupan kanopi/*canopy closure* (%)

Dengan menggabungkan kedua model oleh Mangkoedihardjo (2007) dan Bao (2011), maka akan didapatkan pengaruh vegetasi mangrove terhadap atenuasi gelombang dengan memperhatikan faktor hidrolik dan faktor karakteristik vegetasi mangrove.

BAB III

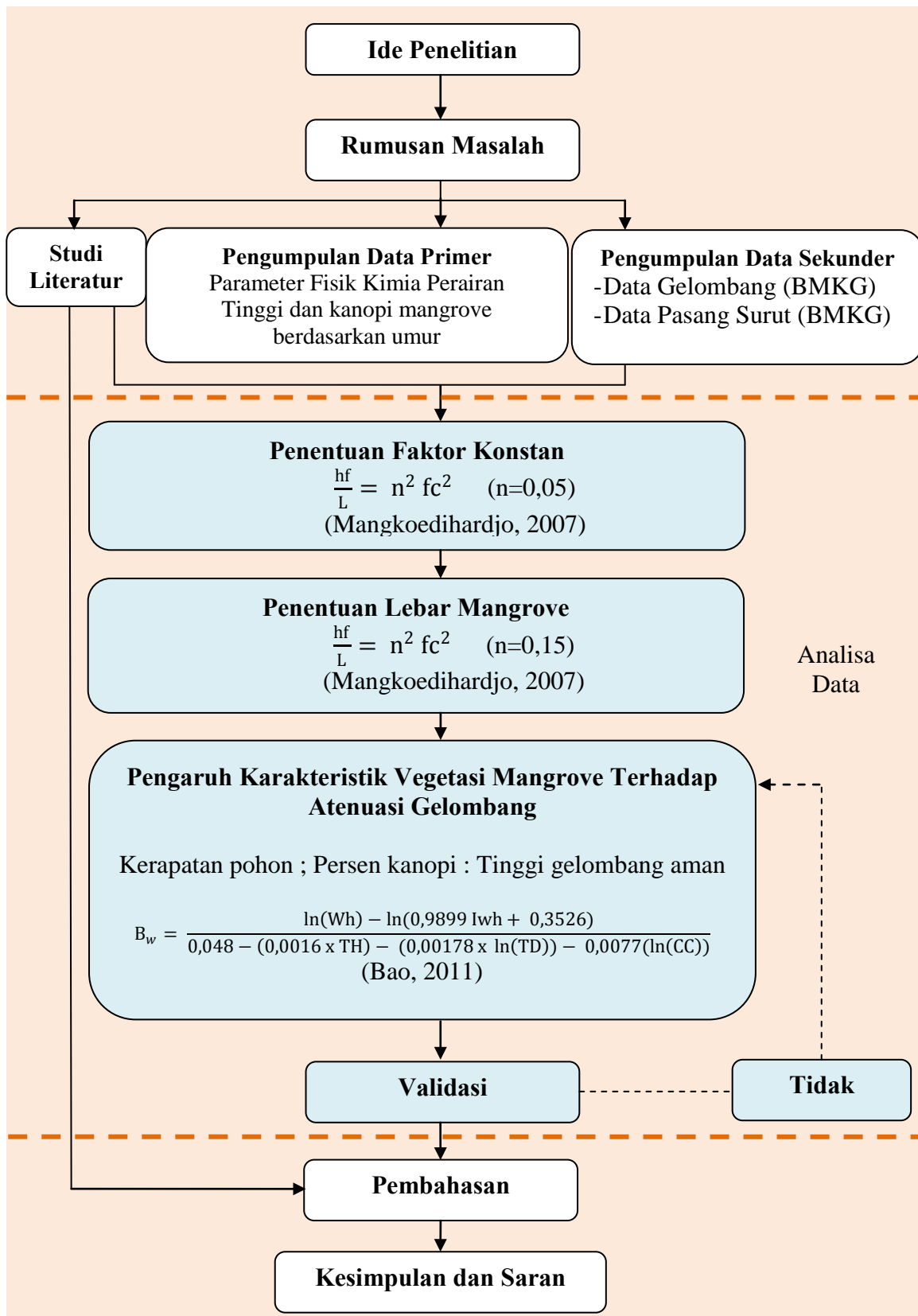
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan analisis hubungan antara karakteristik vegetasi mangrove terhadap atenuasi gelombang pada wilayah pantai Desa Banyuurip, Kecamatan Ujungpangkah, dengan tipe dasar pantai yang melandai ke arah laut dan memiliki substrat dasar perairan berupa lumpur dan pasir. Jenis mangrove yang dianalisis adalah *Rhizophora mucronata*, *Avicenia marina* dan *Sonneratia alba*. Data yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi data hidrolik berupa tinggi gelombang dan pasang surut air laut yang diperoleh dari BMKG serta data karakteristik vegetasi mangrove yang meliputi tinggi pohon dan persenutupan kanopi yang diperoleh dari pengamatan langsung sedangkan data kerapatan pohon diperoleh dari hasil studi literatur. Analisa data yang dilakukan meliputi penentuan kondisi hidrolik pantai tanpa vegetasi mangrove dan penentuan lebar mangrove berdasarkan kondisi hidrolik dengan menggunakan model hipotesis yang dikembangkan berdasarkan prinsip hidrolika saluran terbuka. Analisis model hipotesis tersebut menggunakan pendekatan persamaan *mannings* dengan perbedaan nilai kekasaran pada pantai dengan dan tanpa mangrove (Mangkoedihardjo, 2007). Sedangkan analisa pengaruh karakteristik vegetasi mangrove terhadap atenuasi gelombang dilakukan menggunakan model yang dikembangkan oleh Bao (2011). Hasil perhitungan kemudian divalidasi dengan hasil pengamatan yang dilakukan di wilayah pantai Desa Pangkahkulon sehingga diketahui keakuratan model tersebut pada lokasi penelitian.

3.2 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian berisi tentang tahap-tahap penelitian. Pembuatan kerangka penelitian ini bertujuan agar penelitian berjalan sesuai dengan yang direncanakan sehingga dapat memudahkan penyusunan laporan serta pencapaian tujuan penelitian. Kerangka penelitian disajikan dalam bentuk diagram alir yang dapat dilihat pada Gambar 3.1. dibawah ini.



Gambar 3.1. Kerangka penelitian

3.3 Langkah Kerja Penelitian

Langkah kerja penelitian ini berisi tentang urutan kerja yang akan dilakukan. Urutan langkah kerja yang dilakukan dalam penelitian ini adalah penentuan ide penelitian, penyusunan rumusan masalah, studi literatur, pengumpulan data (primer dan sekunder), analisa data (penentuan faktor konstan, penentuan lebar mangrove dan pengaruh karakteristik vegetasi mangrove terhadap atenuasi gelombang), validasi model, pembahasan serta kesimpulan dan saran.

3.3.1 Ide Penelitian

Peristiwa hilangnya fungsi mangrove sebagai pelindung pantai akibat konversi menjadi lahan pertambakan telah mengakibatkan erosi di beberapa wilayah pantai Kabupaten Gresik, yakni Desa Banyuurip, Kecamatan Ujungpangkah. Upaya rehabilitasi mangrove di wilayah Kecamatan Ujungpangkah ini merupakan prioritas utama rehabilitasi ekosistem pesisir di wilayah Gresik. Sudah banyak penelitian mengenai upaya rehabilitasi mangrove, namun penelitian mengenai pengaruh karakteristik vegetasi mangrove terhadap atenuasi gelombang masih sangat terbatas. Sehingga timbul ide penelitian untuk mengetahui model hubungan karakteristik vegetasi mangrove terhadap atenuasi gelombang di wilayah pantai Ujungpangkah.

3.3.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah adalah penjabaran dari identifikasi masalah serta memberikan batasan permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini. Rumusan masalah disusun berdasarkan latar belakang dan digunakan untuk menjawab tujuan dalam penelitian.

3.3.3 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperdalam analisis untuk menjawab rumusan masalah dalam penelitian. Selain itu, tahapan awal ini penting agar pemahaman terkait teori dan metode yang digunakan lebih mendalam. Sumber literatur yang digunakan adalah jurnal, *text book*, tugas akhir, tesis dan laporan penelitian yang berhubungan dengan penelitian ini.

3.3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan sebagai tahap persiapan untuk melaksanakan penelitian ini. Data-data yang diperlukan pada penelitian ini antara lain :

- Parameter fisik-kimia perairan

Pengambilan data parameter fisik kimia perairan yang meliputi temperatur, salinitas, pH dan jenis sedimen dasar perairan diperlukan untuk menggambarkan kondisi perairan pada lokasi penelitian. Pentingnya pengambilan data parameter fisik kimia perairan ini adalah untuk mengetahui apakah kondisi perairan pada lokasi penelitian sesuai dengan model yang akan digunakan. Model yang digunakan adalah model yang berhubungan dengan karakteristik vegetasi mangrove sehingga lokasi penelitian harus dipastikan memiliki kondisi perairan sesuai dengan kondisi habitat yang diperlukan untuk pertumbuhan mangrove.

Pengambilan data ini dilakukan dengan menggunakan metode transek kuadrat dengan 5 garis transek yang diposisikan tegak lurus garis pantai dengan jarak antar transek adalah 50 m. Panjang garis transek yang digunakan adalah 90 m dengan 4 plot ukuran $1 \times 1 \text{ m}^2$ pada masing-masing transek yang dengan jarak antar plot adalah 30 m (0 m, 30 m, 60 m dan 90 m). Gambar 3.2 dapat menggambarkan transek kuadrat pada saat pengambilan data di lokasi penelitian.



Gambar 3.2. Metode Transek Kuadrat pada Lokasi Penelitian

Pengukuran temperatur dilakukan dengan menggunakan termometer alkohol, salinitas menggunakan *hand refractometer*, pH menggunakan skala pH

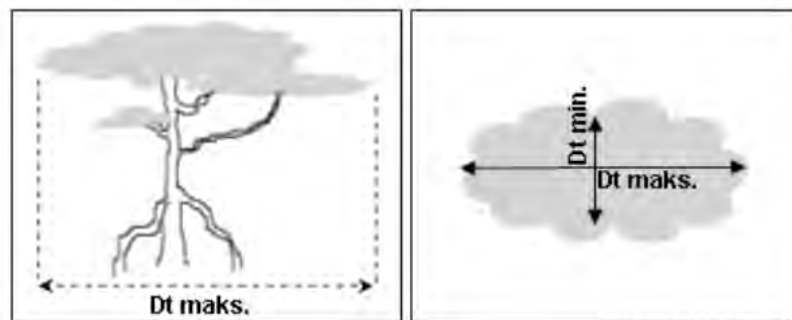
universal dan sample sedimen yang dianalisa saringan di Laboratorim Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil, ITS. Penggunaan alat serta metode analisa mengacu pada Hariyanto dkk (2008).

- Parameter hidrolik pantai

Data parameter hidrolik pantai yang diperlukan adalah data tinggi gelombang dan kemiringan aliran air (gelombang). Data tinggi gelombang yang digunakan adalah tinggi gelombang maksimal, rata-rata tahunan dan minimal perairan Ujung Pangkah Tahun 2013 yang didapatkan dari BMKG Maritim Perak Surabaya. Sedangkan untuk data kemiringan diperoleh dengan cara membandingkan perbedaan tinggi gelombang pada dua titik di laut yang terletak pada jarak tertentu.

- Karakteristik vegetasi mangrove

Data karakteristik vegetasi mangrove yang diperlukan adalah tinggi pohon, kerapatan pohon serta persen kanopi. Tinggi pohon diukur dengan menggunakan meteran yang nilainya dinyatakan dalam meter (m). Kerapatan pohon merupakan banyaknya individu per satuan luas (Kordi, 2012) yang dinyatakan dalam jumlah pohon/Ha (Bao, 2011). Penentuan kerapatan pohon pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan asumsi jarak penanaman $1 \times 1 \text{ m}^2$ dan $2 \times 1 \text{ m}^2$. Sedangkan persen kanopi atau luas penutupan merupakan proporsi antara luas tempat yang ditutupi oleh tajuk spesies tumbuhan terhadap luas wilayah penelitian (Kordi, 2012), yang mana tajuk diartikan sebagai bagian atas tanaman yang terdiri atas cabang, ranting dan daun (Badan Informasi Geospasial, 2014). Pengukuran lebar tajuk dilakukan sesuai dengan ketentuan berdasarkan Badan Informasi Geospasial (2014) seperti pada Gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.3. Pengukuran Diameter Tajuk Magrove di Lapangan (Badan Informasi Geospasial, 2014)

3.3.5 Analisa Data

Analisa data yang dilakukan dalam penelitian ini dilakukan untuk mencari tahu jawaban dari perumusan masalah yang telah dibuat. Adapun analisa yang dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Penentuan faktor konstan berdasarkan kondisi hidrolik pantai

Parameter hidrolik pantai ($V_r / R^{2/3}$) adalah sama untuk kedua macam pantai sehingga parameter hidrolik dapat ditetapkan sebagai faktor konstan (f_c).

$$\frac{hf}{L} = n^2 f_c^2 \quad (\text{Mangkoedihardjo, 2007})$$

dimana :

hf : tinggi gelombang

L : panjang perjalanan gelombang (data pasang surut)

F_c : faktor konstan

n : kekasaran manning

Faktor konstan dapat ditentukan dengan memasukkan data hf , L serta n sehingga akan didapatkan nilai faktor konstan (f_c) pada pantai tanpa mangrove. Data hf dan L merupakan data sekunder sedangkan n merupakan asumsi kekasaran pantai tanpa mangrove ($n=0,05$).

b. Penentuan lebar mangrove

Nilai f_c yang didapatkan dari perhitungan sebelumnya digunakan untuk menentukan L (panjang perjalanan gelombang) pada pantai dengan mangrove yang nilainya adalah sama dengan lebar mangrove tegak lurus garis pantai berdasarkan kondisi hidrolik pantai dengan $n = 0,15$ (Mangkoedihardjo, 2007).

c. Pengaruh karakteristik vegetasi mangrove terhadap atenuasi gelombang

Parameter yang digunakan untuk melihat pengaruh karakteristik vegetasi mangrove terhadap atenuasi gelombang adalah ketinggian gelombang setelah melewati vegetasi mangrove yang dapat diperkirakan dengan menggunakan model yang dikembangkan oleh Bao (2011) sebagai berikut:

$$Wh = (0,9899 \times I_{wh} + 0,3526) \times e^{(0,048 - 0,0016 \times TH - 0,00178 \ln(TD) - 0,0077 \ln(CC) \times Bw)}$$

dimana :

- Wh : tinggi gelombang aman dibelakang vegetasi mangrove (dapat juga dikatakan sebagai tinggi gelombang baru yang dihasilkan setelah gelombang melintasi vegetasi mangrove) (cm)
- Iwh : tingi gelombang sebelum melintasi vegetasi mangrove (cm)
- TH : rata-rata tinggi pohon/*tree height* (m)
- TD : kerapatan pohon/*tree density* (jumlah pohon/Ha)
- CC : tutupan kanopi/*canopy closure* (%)
- Bw : lebar mangrove optimum (m)

Untuk dapat memperkirakan nilai Wh, maka diperlukan data karakteristik vegetasi mangrove berupa lebar mangrove (Bw), tinggi pohon (TH), kerapatan (TD) dan persen kanopi (CC). Data-data tersebut didapatkan dengan cara sebagai berikut:

- Lebar mangrove

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan pendekatan prinsip hidrolika saluran terbuka (Mangkoedihardjo, 2007).

- Kerapatan pohon

Kerapatan pohon adalah jumlah individu per satuan ruang. Kerapatan pohon dinyatakan sebagai berikut (Kordi, 2012) :

$$K = \frac{\text{Jumlah individu}}{\text{Luas area}}$$

Kerapatan pohon pada penelitian ini didasarkan pada jarak tanam yang divariasikan menjadi 1 x 1 m² dan 2 x 1 m². Pada jarak tanam 1 x 1 m² kerapatannya adalah 10.000 pohon/ha sedangkan pada jarak tanam 2 x 1 m² kerapatan pohonnya adalah 5.000 pohon/ha (Purnobasuki, 2005).

- Tinggi mangrove dan persen kanopi

Data mengenai tinggi pohon (TH) dan persen kanopi (CC) untuk masing-masing jenis spesies mangrove pada masing-masing umur (2,3 dan 4 tahun) didapatkan dari hasil pengamatan langsung dilapangan karena pendekatan secara teoritis sulit dilakukan. Persen kanopi dinyatakan sebagai berikut (Kordi, 2012):

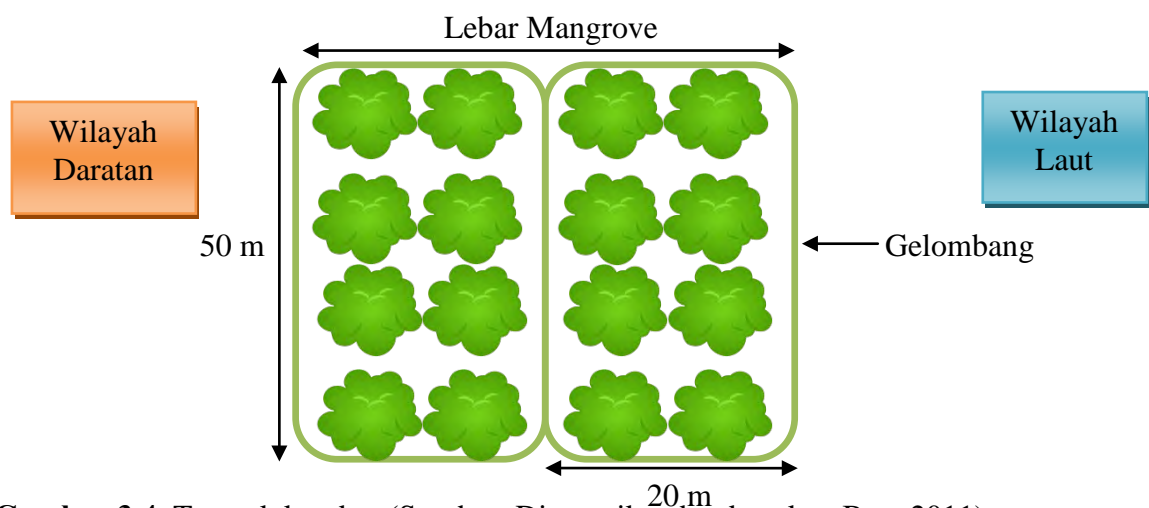
$$CC = \frac{\text{Luas tutupan tajuk}}{\text{Luas area pengamatan}}$$

d. Validasi model

Validasi merupakan proses pembuktian suatu model matematika. Tujuan dari proses validasi adalah untuk mengetahui apakah model yang dibangun merupakan model yang benar. Model yang digunakan dalam penelitian ini divalidasi dengan pengambilan data lapangan di wilayah pantai Desa Pangkahkulon, pantai dengan vegetasi mangrove yang terletak disebelah timur Desa Banyuurip.

- Pengambilan data

Pengambilan data untuk proses validasi model dilakukan di pantai Desa Pangkahkulon. Data yang diambil adalah data karakteristik vegetasi mangrove dan data tinggi gelombang. Karakteristik vegetasi mangrove meliputi tinggi mangrove, kepadatan pohon serta persen tutupan mangrove yang ditentukan menggunakan metode analisis vegetasi mangrove berdasarkan Fachrul (2008). Plot kuadrat yang digunakan berukuran 20 m x 50 m yang diletakkan tegak lurus dengan garis pantai dari vegetasi mangrove terluar sampai ke bagian tengah vegetasi mangrove (Gambar 3.4). Sedangkan data gelombang diambil dengan menggunakan pengukuran secara langsung pada masing-masing plot kuadrat.



Gambar 3.4. Transek kuadrat (Sumber: Disesuaikan berdasarkan Bao, 2011)

- Proses validasi model

Validasi terhadap model dilakukan dengan membandingkan data tinggi gelombang setelah melewati vegetasi mangrove hasil pengukuran dengan data hasil pemodelan sehingga dapat diketahui tingkat korelasi antara data pengamatan

dengan data perhitungan model. Nilai R^2 mendekati 1 menunjukkan tingkat korelasi yang tinggi.

$$Wh = (0,9899 \times I_{wh} + 0,3526) \times e^{(0,048 - 0,0016 \times TH - 0,00178 \ln(TD) - 0,0077 \ln(CC) \times Bw)}$$

Hasil validasi kemudian dibandingkan dengan hasil simulasi model sehingga dapat diketahui apakah model yang digunakan dapat mewakili kondisi pantai di lokasi penelitian.

3.3.6 Pembahasan

Pembahasan dilakukan untuk memberikan keterangan lebih mendalam mengenai hasil analisa yang telah didapatkan.

3.3.7 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan disusun berdasarkan hasil pembahasan yang juga merupakan jawaban dari rumusan masalah serta tujuan penelitian. Sedangkan saran dibuat berdasarkan kekurangan serta perbaikan dalam penelitian ini yang nantinya dapat menjadi ide penelitian bagi peneliti lain.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Penelitian mengenai model hubungan karakteristik vegetasi mangrove terhadap atenuasi gelombang dilakukan di wilayah pantai Desa Banyuurip (Gambar 4.1). Pengambilan data mengenai parameter fisik kimia perairan dilakukan menggunakan metode transek kuadrat yang diposisikan sejajar garis pantai untuk mendapatkan gambaran mengenai kondisi perairan di lokasi penelitian (Gambar 4.2).



Gambar 4.1. Pantai Desa Banyuurip (Sumber: Dokumentasi pribadi, 2014)



Gambar 4.2. Pengambilan Data Parameter Fisik-Kimia Perairan (Sumber: Dokumentasi pribadi, 2014)

Data mengenai titik koordinat dan parameter fisik kimia perairan pada lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Titik Koordinat dan Parameter Fisik Kimia Perairan Pada Lokasi Penelitian

Nama Plot	Titik Koordinat	Parameter Fisik Kimia Perairan				
		Temperatur (°C)	Salinitas (‰)	pH	Jenis Sedimen*	Ketebalan Lumpur (cm)
A-1	6°54'20.38"S 112°31'12.97"E	30	29	8	Lumpur	40
A-2	6°54'19.65"S 112°31'12.33"E	28	30	8	Lumpur	48
A-3	6°54'18.96"S 112°31'11.63"E	28	28	8	Lumpur	55
A-4	6°54'18.22"S 112°31'10.92"E	28	29	8	Lumpur	60
B-1	6°54'19.28"S 112°31'14.17"E	29	30	8	Lumpur	50
B-2	6°54'18.61"S 112°31'13.52"E	28	28	8	Lumpur	60
B-3	6°54'18.01"S 112°31'12.76"E	28	28	8	Lumpur	75
B-4	6°54'17.17"S 112°31'12.17"E	28	30	8	Lumpur	90
C-1	6°54'18.15"S 112°31'15.44"E	29	29	8	Lumpur	45
C-2	6°54'17.50"S 112°31'14.84"E	29	29	8	Lumpur	55
C-3	6°54'16.75"S 112°31'14.19"E	28	30	8	Lumpur	60
C-4	6°54'15.98"S 112°31'13.49"E	28	30	8	Lumpur	87
D-1	6°54'17.08"S 112°31'16.62"E	29	28	8	Lumpur	40
D-2	6°54'16.34"S 112°31'16.08"E	29	29	8	Lumpur	50
D-3	6°54'15.84"S 112°31'15.28"E	28	29	8	Lumpur	60
D-4	6°54'14.87"S 112°31'14.85"E	28	30	8	Lumpur	80
E-1	6°54'15.93"S 112°31'17.82"E	30	29	8	Lumpur	50
E-2	6°54'15.18"S 112°31'17.18"E	30	28	8	Lumpur	65
E-3	6°54'14.42"S 112°31'16.62"E	29	29	8	Lumpur	82
E-4	6°54'13.60"S 112°31'16.04"E	28	30	8	Lumpur	90

* Hasil analisa jenis sedimen dasar dapat dilihat pada Lampiran I.

Berdasarkan data parameter fisik kimia yang diambil dapat menggambarkan bahwa temperatur air laut pada lokasi penelitian berkisar antara 28-30 °C, salinitas air berkisar antara 28-30 ‰, pH air 8 dan sedimen dasar perairan didominasi oleh lumpur dengan variasi kedalaman antara 40-90 cm.

4.1.1. Parameter Hidrolik Pantai

Parameter hidrolik pantai dalam model Mangkoedihardjo (2007) meliputi kemiringan dasar saluran (S), kecepatan *run off* (Vr), jari-jari hidrolik (R) serta karakteristik permukaan tanah yang dinyatakan sebagai nilai kekasaran manning (n).

$$V_r = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots (1)$$

Kemiringan (S) pada model yang digunakan tidak lain merupakan perbedaan tinggi muka air di sepanjang air tersebut tersebar (hf/L), sehingga dengan $S=hf/L$, maka persamaan (1) diatas dapat disusun sebagai berikut :

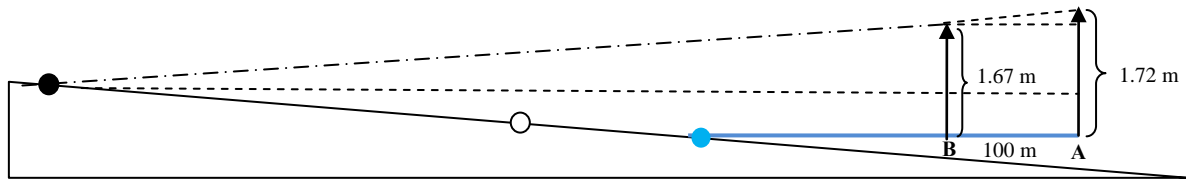
$$hf/L = n^2 \left(V_r / R^{3/2} \right)^2 \dots\dots\dots (2)$$

Persamaan (2) digunakan untuk membandingkan antara pantai tanpa adanya vegetasi mangrove dan pantai dengan vegetasi mangrove. Parameter hidrolik yang berada di dalam tanda kurung adalah sama untuk kedua jenis pantai sehingga dapat dianggap sebagai faktor konstan (fc), sehingga dapat disusun persamaan (3) sebagai berikut :

$$hf/L = n^2 f_c^2 \dots\dots\dots (3)$$

Faktor konstan pada pantai dihitung dengan membandingkan antara perbedaan tinggi gelombang (hf) dengan jarak perjalanan gelombang tersebut dengan memperhatikan karakteristik permukaan tanahnya (pada pantai tanpa mangrove menggunakan nilai koefisien manning 0,05). Gambar 4.3 memberikan ilustrasi mengenai penentuan besarnya perbedaan tinggi gelombang dan jarak perjalanan gelombang pada pantai tanpa mangrove.

Berdasarkan ilustrasi pada Gambar 4.3, dapat diketahui bahwa tinggi gelombang yang terbentuk di titik A adalah 1,72 m sedangkan tinggi gelombang di titik B yang berada pada jarak 100 m dari titik A adalah 1,67 m, sehingga perbedaan tinggi gelombang disepanjang jarak perjalanannya adalah 0,05/100.



Gambar 4.3. Ilustrasi Mengenai Penentuan Faktor Konstan (● : muka air +80; ○ : muka air 0; ● : muka air -40)

Data mengenai kemiringan air tersebut dianggap linear, sehingga dapat diketahui faktor konstan dengan cara menentukan h_f pada tinggi gelombang 1,67 m berdasarkan posisi muka air yang sejajar dengan daratan yang diasumsikan mendatar. Jarak perjalanan gelombang kemudian ditentukan sebagai berikut :

$$\frac{0,05}{100} = \frac{0,52}{x} \rightarrow x = 1.040 \text{ m}$$

Jarak perjalanan gelombang dari titik A menuju daratan adalah 1.040 m, sehingga jarak perjalanan gelombang dari titik B ke daratan adalah 940 m. Dengan data h_f sebesar 0,47 m, L sebesar 940 m dan nilai kekasaran manning 0,05, maka didapatkan faktor konstan pantai sebesar $0,2 \text{ mm}^{-1}$. Berdasarkan faktor konstan yang didapatkan serta berdasarkan parameter hidrolik pantai di lokasi penelitian maka dapat disusun model lebar optimum mangrove sebagai berikut :

$$h_f/L = 0,2 n^2 \dots\dots\dots(4)$$

Model diatas dapat digunakan untuk menganalisa lebar mangrove yang diperlukan untuk berbagai tinggi gelombang, bahkan gelombang tsunami sekalipun, dengan catatan hanya untuk pantai pada lokasi penelitian. Apabila akan diaplikasikan pada pantai di lokasi lain maka harus dilakukan analisa ulang untuk mendapatkan faktor konstan pada pantai baru tersebut.

4.1.2. Lebar Mangrove yang Diperlukan Berdasarkan Kondisi Hidrolik Pantai

Hasil perhitungan jarak perjalanan gelombang pada kedua jenis pantai dengan variasi tinggi gelombang, yakni tinggi gelombang maksimal (1,67 m) dan tinggi gelombang rata-rata tahunan (0,32 m) disajikan pada Tabel 4.2. Gelombang terendah yang terjadi di perairan Ujung Pangkah adalah 0,0 m sehingga tidak perlu dilakukan analisis lebar mangrove untuk meredam gelombang pada ketinggian gelombang minimal tersebut.

Tabel 4.2. Jarak Perjalanan Gelombang Pada Kedua Jenis Pantai

Tinggi Gelombang	Jarak Perjalanan Gelombang (L)	
	Pantai tanpa mangrove (n=0,05)	Pantai dengan mangrove (n=0,15)
0,32 m	240 m	27 m
1,67 m	940 m	104 m

Sumber: Hasil Analisa, 2014

Dari Tabel 4.2 diatas dapat diketahui bahwa jarak perjalanan gelombang (L) berbeda untuk kedua jenis pantai. Pada pantai tanpa vegetasi mangrove, tinggi gelombang sebesar 0,32 m dapat menempuh perjalanan sepanjang 240 m dan pada tinggi gelombang 1,67 m jarak perjalanannya adalah sepanjang 940 m. Sedangkan untuk pantai dengan vegetasi mangrove, jarak perjalanan gelombang untuk masing-masing tinggi gelombang mengalami penurunan, yakni tinggi gelombang 0,32 m dengan jarak perjalanan sepanjang 27 m dan tinggi gelombang 1,67 m dengan jarak perjalanan 104 m. Dari sini dapat diketahui bahwa penanaman vegetasi mangrove pada pantai dapat mereduksi jarak perjalanan gelombang sebesar 88,75% pada tinggi gelombang 0,32 m dan 88,9% pada tinggi gelombang 1,67 m.

Oleh karena lebar mangrove yang diperlukan berdasarkan kondisi hidrolis pantai pada tinggi gelombang tertentu adalah sama dengan jarak perjalanan gelombang pada pantai, maka pada pantai dengan faktor konstan sebesar 0,2 dan tinggi gelombang 0,32 m diperlukan mangrove selebar 27 m, sedangkan untuk untuk tinggi gelombang 1,67 m diperlukan mangrove selebar 104 m.

4.1.3. Pengaruh Karakteristik Vegetasi Mangrove Terhadap Atenuasi Gelombang di Pantai

a. Karakteristik Vegetasi Mangrove

Data mengenai karakteristik vegetasi mangrove dari spesies *Rhizophora mucronata*, *Sonneratia alba* dan *Avicennia marina* disajikan pada Tabel 4.3. Pemilihan ketiga spesies mangrove tersebut dalam penelitian ini didasarkan pada jenis mangrove yang dapat tumbuh pada wilayah Ujung Pangkah sesuai dengan Karim (2007). Penyesuaian jenis mangrove dalam penelitian ini dengan jenis mangrove yang dapat tumbuh pada Ujung Pangkah ini bertujuan agar hasil

pemodelan mengenai atenuasi gelombang dapat diaplikasikan pada lokasi penelitian. Sedangkan penentuan umur tanam mangrove pada 2, 3 dan 4 tahun disesuaikan dengan umur tanam mangrove pada wilayah Ujung Pangkah, dimana rehabilitasi mangrove di wilayah tersebut mulai dilaksanakan pada tahun 2010.

Tabel 4.3. Karakteristik Vegetasi Mangrove

Spesies	Umur (Tahun)	Tinggi Mangrove (m)	LebarTajuk (m)
<i>Rhizophora mucronata</i>	2	2,10	0,80
	3	2,90	0,86
	4	3,83	0,95
<i>Sonneratia alba</i>	2	1,74	0,76
	3	2,85	0,90
	4	3,50	0,95
<i>Avicennia marina</i>	2	2,92	1,10
	3	4,30	1,45
	4	5,65	1,60

Sumber: Hasil pengamatan, 2014

Berdasarkan data pada Tabel 4.3 diatas diketahui bahwa *Avicennia marina* merupakan jenis mangrove dengan ukuran pohon yang paling tinggi jika dibandingkan dengan *Rhizophora mucronata* dan *Sonneratia alba*. Lebar tajuk untuk ketiga jenis mangrove pada semua kelompok umur (2, 3 dan 4 tahun) berkisar antara 0.80-1,60 m. Dengan ukuran lebar tajuk tersebut, maka pada jarak tanam 1 x 1 m² dan 2 x 1 m² diperoleh tutupan kanopi sebesar 100%, kecuali pada spesies *Sonneratia alba* umur tanam 2 tahun pada jarak tanam 2 x 1 m² yang tutupan kanopinya hanya mencapai 90,7%.

b. Atenuasi Gelombang di Pantai Akibat Adanya Vegetasi Mangrove

Analisa mengenai pengaruh karaktersitik vegetasi mangrove terhadap atenuasi gelombang dilakukan menggunakan model yang dikembangkan oleh Bao (2011).

$$B_w = \frac{\ln(Wh) - \ln(0,9899 Iwh + 0,3526)}{0,048 - (0,0016 \times TH) - (0,00178 \times \ln(TD)) - 0,0077(\ln(CC))}$$

Pada model tersebut, karakteristik vegetasi mangrove yang dianalisa adalah tinggi pohon, kerapatan pohon serta tutupan kanopi. Dengan variasi jenis mangrove (3 spesies) pada 3 umur tanam dengan 2 lebar yang berbeda serta variasi jarak tanam (2 variasi jarak) maka diperoleh tinggi gelombang setelah melewati vegetasi mangrove sebanyak 36 data. Hasil analisa disajikan pada Tabel 4.4 dibawah ini.

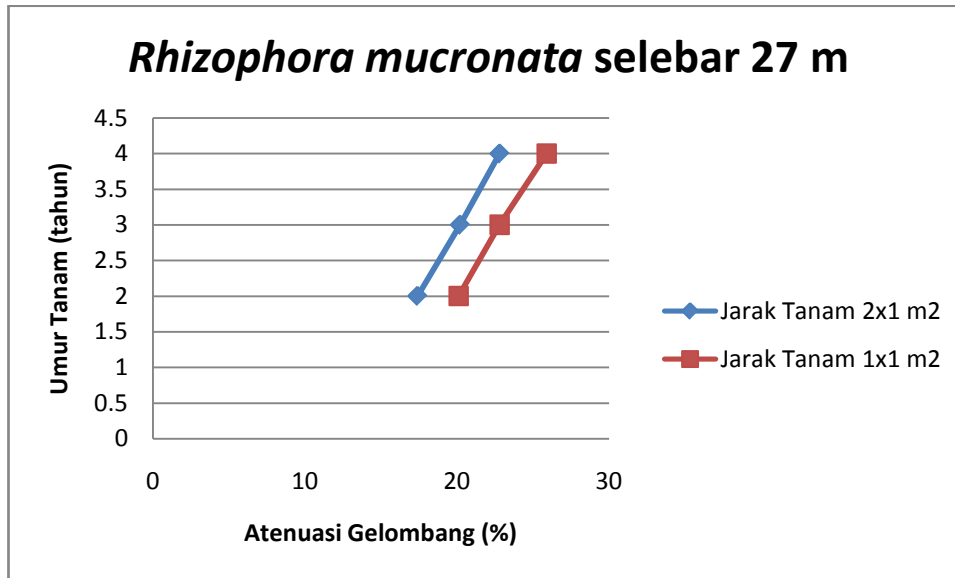
Tabel 4.4. Tinggi Gelombang Setelah Melewati Vegetasi Mangrove

Iwh (cm)	Lebar Vegetasi (m)	Jenis Spesies	Umur (Tahun)	Tinggi pohon (m)	Kerapatan pohon (pohon/Ha)	Canopy closure (%)	Wh (cm)
32	27	<i>Rhizophora mucronata</i>	2	2,10	5.000	100	27,3
					10.000	100	26,4
			3	2,90	5.000	100	26,3
					10.000	100	25,5
			4	3,83	5.000	100	25,3
					10.000	100	24,5
		<i>Avicennia marina</i>	2	2,92	5.000	100	26,3
					10.000	100	25,4
			3	4,30	5.000	100	24,8
					10.000	100	24,0
			4	5,65	5.000	100	23,4
					10.000	100	22,6
		<i>Sonneratia alba</i>	2	1,74	5.000	90,7	28,2
					10.000	100	26,8
			3	2,85	5.000	100	26,4
					10.000	100	25,5
			4	3,50	5.000	100	25,7
					10.000	100	24,8
167	104	<i>Rhizophora mucronata</i>	2	2,10	5.000	100	88,9
					10.000	100	78,2
			3	2,90	5.000	100	77,9
					10.000	100	68,5
			4	3,83	5.000	100	66,7
					10.000	100	58,7
		<i>Avicennia marina</i>	2	2,92	5.000	100	77,6
					10.000	100	68,3
			3	4,30	5.000	100	61,7
					10.000	100	54,3
			4	5,65	5.000	100	49,3
					10.000	100	43,3
		<i>Sonneratia alba</i>	2	1,74	5.000	90,7	94,4
					10.000	100	83,1
			3	2,85	5.000	100	78,5
					10.000	100	69,1
			4	3,50	5.000	100	70,5
					10.000	100	62,0

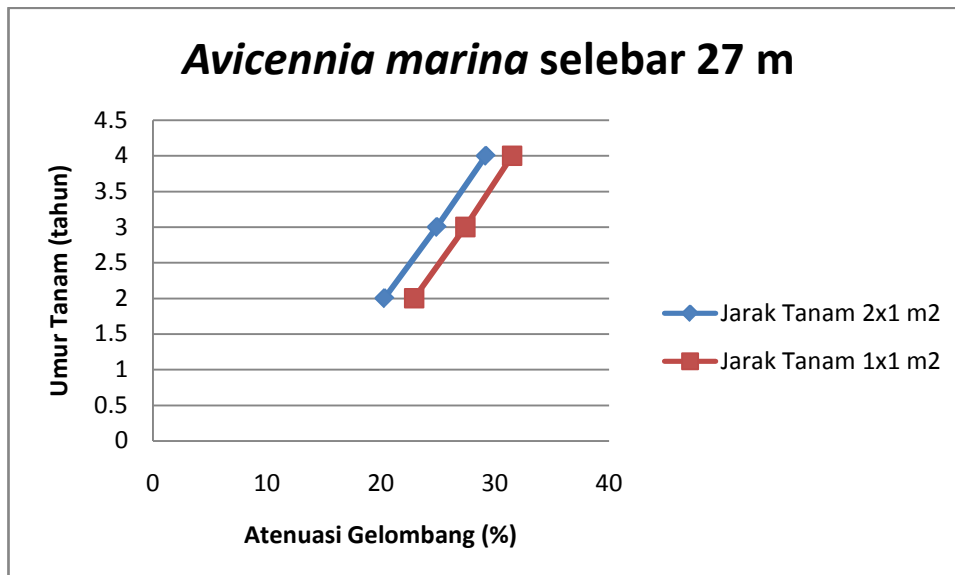
Sumber: Hasil analisa, 2014

- **Atenuasi gelombang pada vegetasi mangrove selebar 27 m**

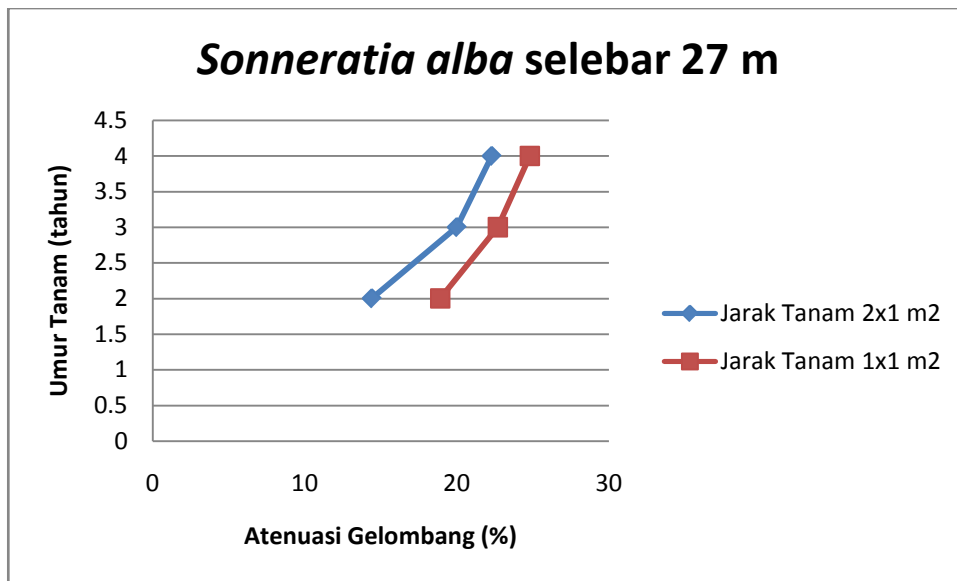
Hasil analisa mengenai persentase atenuasi gelombang setelah melewati vegetasi mangrove pada masing-masing spesies selebar 27 m disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.4 (*Rhizophora mucronata*), Gambar 4.5 (*Avicennia marina*) dan Gambar 4.6 (*Sonneratia alba*).



Gambar 4.4. Atenuasi Tinggi Gelombang 0,32m Pada *R. mucronata* selebar 27 m



Gambar 4.5. Atenuasi Tinggi Gelombang 0,32 m Pada *A. marina* selebar 27 m



Gambar 4.6. Atenuasi Tinggi Gelombang 0,32 m Pada *S. alba* selebar 27 m

Grafik pada Gambar 4.4 menunjukkan bahwa gelombang setinggi 0,32 m yang melewati vegetasi *Rhizophora mucronata* dengan lebar 27 m dan jarak tanam 1 x 1 m² mengalami atenuasi gelombang sebesar 20,1% pada umur tanam 2 tahun, 22,8% pada umur 3 tahun dan 25,9% pada umur 4 tahun. Sedangkan pada jarak tanam 2 x 1 m² mengalami atenuasi gelombang sebesar 17,4% pada umur tanam 2 tahun, 20,2% pada umur 3 tahun dan 23,4% pada umur 4 tahun.

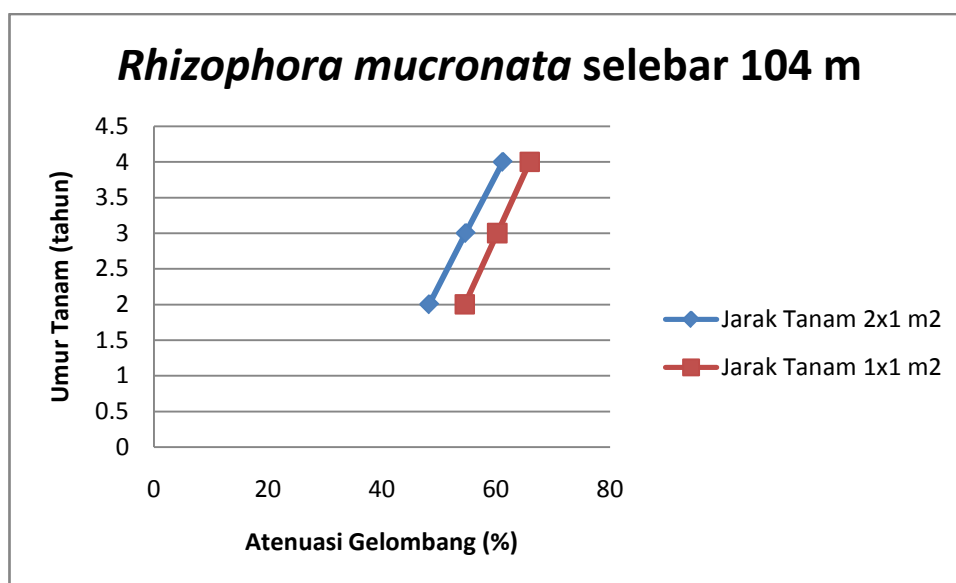
Atenuasi gelombang setinggi 0,32 m pada vegetasi *Avicennia marina* selebar 27 m dan jarak tanam 1 x 1 m² pada umur tanam 2 tahun adalah 22,9%, umur 3 tahun adalah 27,4% dan umur 4 tahun sebesar 31,5%. Sedangkan pada jarak tanam 2 x 1 m² mengalami atenuasi gelombang sebesar 20,3% pada umur tanam 2 tahun, 24,9% pada umur 3 tahun dan 29,2% pada umur 4 tahun (Gambar 4.5).

Grafik pada Gambar 4.6 menunjukkan bahwa gelombang setinggi 0,32 m yang melewati vegetasi *Sonneratia alba* dengan lebar 27 m dan jarak tanam 1 x 1 m² mengalami atenuasi gelombang sebesar 18,9% pada umur tanam 2 tahun, 22,7% pada umur 3 tahun dan 24,8% pada umur 4 tahun. Sedangkan pada jarak tanam 2 x 1 m² mengalami atenuasi gelombang sebesar 14,4% pada umur tanam 2 tahun, 20% pada umur 3 tahun dan 22,3% pada umur 4 tahun.

Atenuasi gelombang setinggi 0,32 m pada vegetasi mangrove selebar 27 m terendah terjadi pada vegetasi *Sonneratia alba* pada umur tanam 2 tahun dan dengan jarak tanam 2 x 1 m². Sedangkan atenuasi terbesar terjadi pada vegetasi *Avicennia marina* pada umur tanam 4 tahun dengan jarak tanam 1 x 1 m².

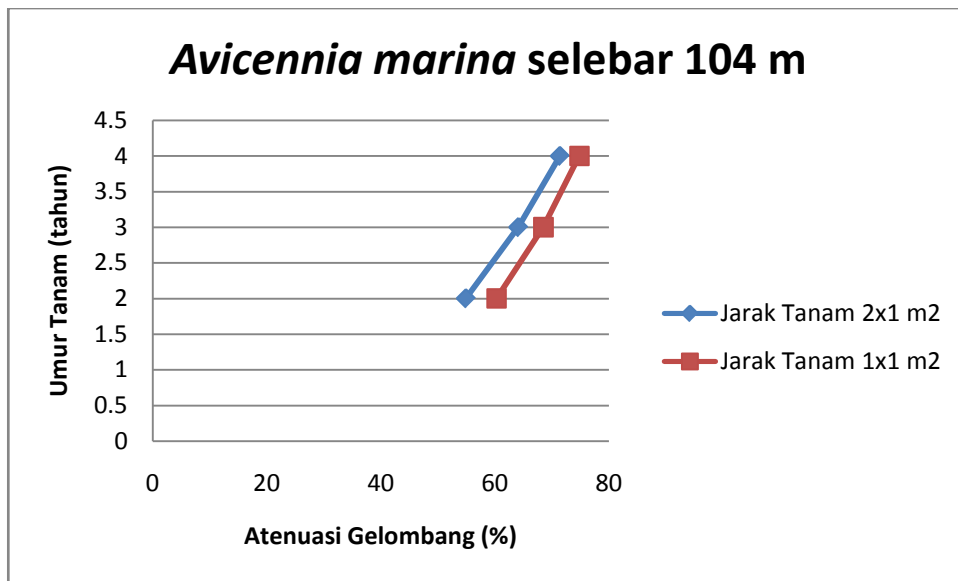
- **Atenuasi gelombang pada vegetasi mangrove selebar 104 m**

Hasil analisa mengenai persentase atenuasi gelombang setelah melewati vegetasi mangrove pada masing-masing spesies selebar 104 m disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.7 (*Rhizophora mucronata*), Gambar 4.8 (*Avicennia marina*) dan Gambar 4.9 (*Sonneratia alba*).



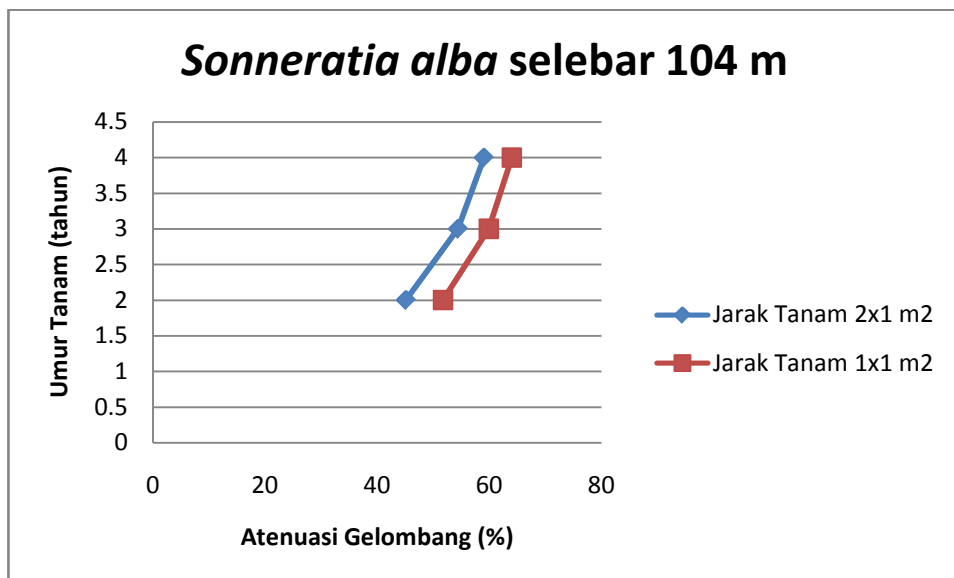
Gambar 4.7.Atenuasi Tinggi Gelombang 1,67m Pada *R. mucronata* selebar 104m

Grafik pada Gambar 4.7 menunjukkan bahwa gelombang setinggi 1,67 m yang melewati vegetasi *Rhizophora mucronata* dengan lebar 104 m dan jarak tanam 1 x 1 m² mengalami atenuasi gelombang sebesar 54,5% pada umur tanam 2 tahun, 60,2% pada umur 3 tahun dan 65,9% pada umur 4 tahun. Sedangkan pada jarak tanam 2 x 1 m² mengalami atenuasi gelombang sebesar 48,3% pada umur tanam 2 tahun, 54,7% pada umur 3 tahun dan 61,2% pada umur 4 tahun.



Gambar 4.8. Atenuasi Tinggi Gelombang 1,67 m Pada *A. marina* selebar 104 m

Grafik pada Gambar 4.8 menunjukkan bahwa gelombang setinggi 1,67 m yang melewati vegetasi *Avicennia marina* dengan lebar 104 m dan jarak tanam 1 x 1 m² mengalami atenuasi gelombang sebesar 60,3% pada umur tanam 2 tahun, 68,5% pada umur 3 tahun dan 74,8% pada umur 4 tahun. Sedangkan pada jarak tanam 2 x 1 m² mengalami atenuasi gelombang sebesar 54,9% pada umur tanam 2 tahun, 64,1% pada umur 3 tahun dan 71,4% pada umur 4 tahun.



Gambar 4.9. Atenuasi Tinggi Gelombang 1,67 m Pada *S. alba* selebar 104 m

Grafik pada Gambar 4.9 menunjukkan bahwa gelombang setinggi 1,67 m yang melewati vegetasi *Sonneratia alba* dengan lebar 104 m dan jarak tanam 1 x 1 m² mengalami atenuasi gelombang sebesar 51,7% pada umur tanam 2 tahun, 59,9% pada umur 3 tahun dan 64% pada umur 4 tahun. Sedangkan pada jarak tanam 2 x 1 m² mengalami atenuasi gelombang sebesar 45,1% pada umur tanam 2 tahun, 54,4% pada umur 3 tahun dan 59% pada umur 4 tahun.

Sama halnya dengan tinggi gelombang 0,32 m, atenuasi gelombang setinggi 1,67 m pada vegetasi mangrove selebar 104 m terendah terjadi pada vegetasi *Sonneratia alba* pada umur tanam 2 tahun dan dengan jarak tanam 2 x 1 m². Sedangkan atenuasi terbesar terjadi pada vegetasi *Avicennia marina* pada umur tanam 4 tahun dengan jarak tanam 1 x 1 m².

Hasil pemodelan pada dua variasi jarak tanam dan dua variasi lebar mangrove pada tinggi gelombang yang berbeda menunjukkan kecenderungan yang sama, yakni semakin tua umur tanam mangrove dan semakin rapat jarak tanamnya maka semakin besar kemampuannya dalam mereduksi tinggi gelombang.

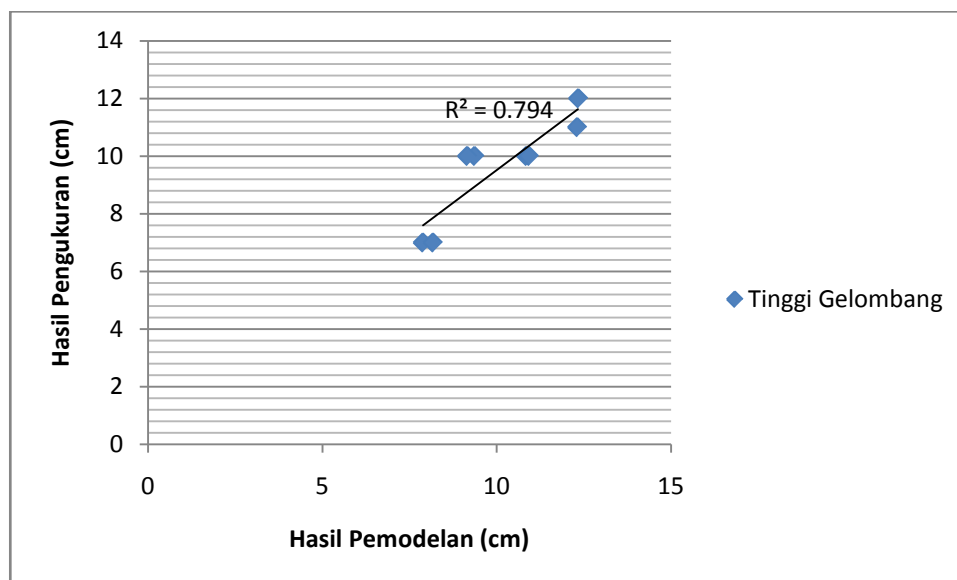
4.1.4. Validasi Model

Validasi dilakukan untuk memastikan bahwa model yang digunakan adalah model yang benar sehingga dapat mewakili kondisi lapangan yang sesungguhnya. Berdasarkan proses validasi yang dilakukan, didapatkan hasil berupa karakteristik vegetasi mangrove dan tinggi gelombang setelah melewati vegetasi mangrove tersebut. Data hasil validasi model dapat dilihat pada Tabel 4.5. Hasil menunjukkan bahwa vegetasi mangrove pada lokasi validasi memiliki karakteristik yang hampir sama untuk masing-masing plot pengamatan, yakni dengan tinggi pohon 8-10 m, kerapatan 600-900 pohon/Ha dengan persen tutupan kanopi sebesar 80-90%. Adapun lebar mangrove yang digunakan pada proses validasi adalah lebar 20 dan 40 m. Data karakteristik vegetasi mangrove tersebut digunakan untuk memodelkan atenuasi gelombang yang terjadi. Kemudian data tinggi gelombang berdasarkan hasil pengamatan dibandingkan dengan data tinggi gelombang hasil pemodelan (Gambar 4.10 dan 4.11).

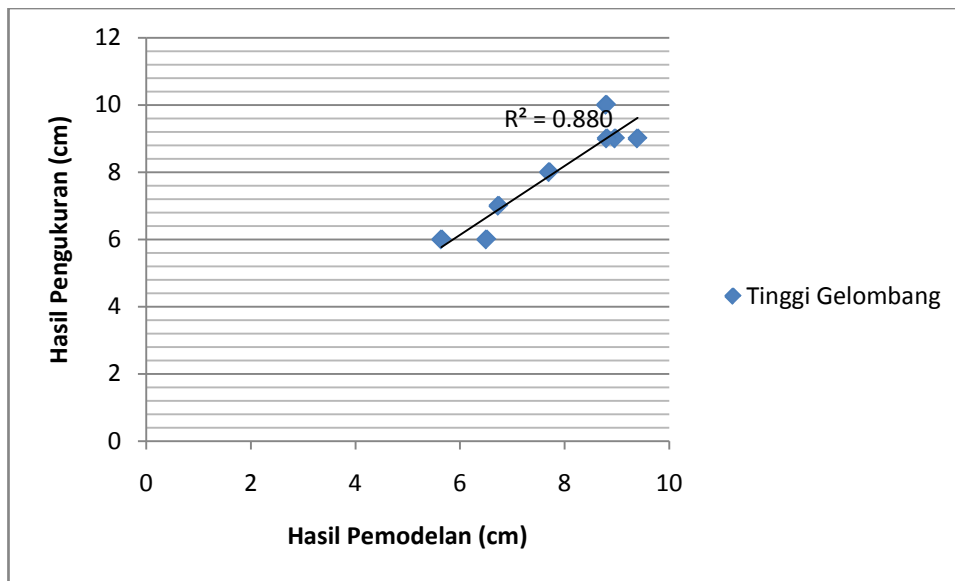
Tabel 4.5. Atenuasi Gelombang Setelah Melewati Vegetasi Mangrove

Plot	Lebar Mangrove (m)	Karakteristik Vegetasi Mangrove			Tinggi Gelombang (cm)		
		Tinggi (m)	Kerapatan (pohon/Ha)	Canopy Closure (%)	Awal	Setelah Melewati Vegetasi Mangrove	
						Hasil Pengukuran	Hasil Pemodelan
A1	20	8	600	80	13	10	10,84
A2		10	700	80	12	10	9,36
A3		8	800	80	15	12	12,33
A4		9	900	90	10	7	7,88
A5		10	800	80	16	11	12,3
A6		10	800	90	12	10	9,15
A7		8	800	90	10	7	8,17
A8		9	900	90	14	10	10,92
B1	40	8	700	80	13	10	8,79
B2		8	900	90	12	8	7,7
B3		9	900	90	15	9	8,96
B4		8	800	90	10	6	6,50
B5		10	800	80	16	9	9,39
B6		10	900	90	12	7	6,73
B7		10	900	90	10	6	5,64
B8		9	700	80	14	9	8,8

Sumber: Hasil Pengamatan, 2014



Gambar 4.10. Grafik Tinggi Gelombang Setelah Melewati Vegetasi Mangrove Selebar 20 m



Gambar 4.11. Grafik Tinggi Gelombang Setelah Melewati Vegetasi Mangrove Selebar 40 m

Grafik pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11 menunjukkan korelasi yang tinggi antara tinggi gelombang hasil pengamatan dan tinggi gelombang hasil pemodelan pada vegetasi mangrove selebar 20 m dan 40 m dengan $R^2 > 0,7$. Hasil perbandingan tersebut menunjukkan bahwa model yang digunakan memberikan data tinggi gelombang yang mendekati tinggi gelombang yang sesungguhnya, sehingga model yang digunakan merupakan model yang tepat untuk memprediksi atenuasi gelombang yang terjadi pada vegetasi mangrove di wilayah pantai Ujung Pangkah.

4.2. Pembahasan

Hasil pengukuran parameter fisik-kimia perairan menunjukkan bahwa kondisi perairan di lokasi penelitian yang meliputi temperatur, salinitas serta pH sesuai dengan kondisi umum perairan laut. Air laut pada umumnya memiliki temperatur pada kisaran 28-31 °C (Nontji, 2002), sehingga data temperatur yang diambil pada lokasi penelitian masih dalam kisaran temperatur air laut pada umumnya. Adanya perbedaan temperatur disebabkan oleh perbedaan waktu pengambilan data, sebagian diambil pada siang hari dan sebagian diambil pada sore hari. Menurut Herman (2004), perubahan temperatur pada perairan disebabkan oleh posisi matahari, kondisi awan serta hembusan angin. Salinitas dan pH pada lokasi penelitian juga menggambarkan bahwa kondisi perairan di pantai Desa Banyuurip masih dalam kisaran normal, dimana salinitas air laut berkisar antara 17-38 ‰ (McConnaughey dan Zottoli, 1983) dengan pH relatif stabil pada angka 8,1 (Thurman dan Trujillo, 2004).

Hasil analisis sedimen laut menunjukkan bahwa lokasi penelitian memiliki sedimen yang terdiri atas campuran kerikil, pasir dan lumpur dengan presentase bervariasi yakni kerikil 0-7,22%, pasir 0,97-31,05% dan lumpur dengan presentase yang paling besar yakni 64,08-99,02%, sehingga pantai termasuk jenis pantai berlumpur. Hal ini sesuai dengan Whitten dkk (2000) yang menyatakan bahwa pantai utara Pulau Jawa merupakan pantai yang didominasi oleh lumpur sedangkan pantai selatannya lebih didominasi oleh pasir.

Kandungan kerikil dan pasir yang paling tinggi terdapat pada plot yang terletak dekat dengan daratan (plot A1, B1, C1, D1 dan E1), sedangkan semakin ke arah laut, kandungan batu dan pasirnya mulai berkurang. Hal ini merupakan pengaruh gelombang yang menghempas pantai tersebut. Pada perairan dangkal, bentuk gelombang akan berubah dan pada akhirnya akan pecah begitu sampai di pantai. Pecahnya gelombang tersebut seringkali disertai dengan gerakan maju ke depan yang berkekuatan sangat besar (Hutabarat dan Evans, 2012). Sesaat setelah gelombang sampai ke pantai, terjadi peristiwa *overwash* dimana ombak dan air luapan mengikis pantai dan mengangkat material pantai. Pada pantai berlumpur, peristiwa transpor sedimen ini sangat mungkin terjadi karena partikel halus penyusun sedimen dasar laut tersebut bersifat tidak stabil dan membutuhkan

waktu pengendapan yang cukup lama, yakni 185 hari pada jenis partikel lumpur dan 51 tahun pada jenis partikel tanah liat untuk mengendap pada dasar laut dengan kedalaman 4.000 m. Sedangkan jenis partikel pasir hanya memerlukan waktu sekitar 1,8 hari untuk mengendap pada kedalaman air yang sama (Hutabarat dan Evans, 2012). Lamanya waktu mengendap tersebut menyebabkan partikel-partikel halus yang terkena hempasan gelombang akan teraduk dan berubah bentuk menjadi tanah terlarut yang kemudian diangkut oleh arus-arus pantai dan diendapkan pada tempat-tempat yang memungkinkan (Hidayat, 2006). Pada umumnya, partikel lumpur dan tanah liat tersebut terangkut lebih jauh ke tengah laut dan kebanyakan akan mengendap pada daerah *continental shelf* (Hutabarat dan Evans, 2012). Ketebalan lumpur pada lokasi penelitian juga menunjukkan bahwa semakin ke arah laut lumpurnya semakin tebal, sama seperti pola ketebalan lumpur di laut pada umumnya (Halidah, 2010).

Kondisi perairan pada lokasi penelitian tersebut juga sesuai dengan kondisi habitat yang diperlukan untuk pertumbuhan mangrove yakni dengan sedimen dasar berupa lumpur yang tebal (Kordi, 2012) , suhu tidak kurang dari 20°C (Kordi, 2012) dan salinitas berkisar antara 10-30 ‰ (Rimomohtarto dan Juwana, 2009), sehingga lokasi penelitian dikatakan sesuai untuk pemodelan yang akan dilakukan.

4.2.1. Parameter Hidrolik Pantai

Pada model yang dikembangkan oleh Mangkoedihardjo (2007), komponen utama yang sangat berpengaruh pada perubahan jarak perjalanan gelombang adalah kemiringan dan koefisien kekasaran manning. Hal tersebut sesuai dengan McIvor *et al*, (2012) yang menyatakan bahwa laju reduksi gelombang setelah melalui vegetasi mangrove sangat dipengaruhi oleh faktor kemiringan dan tinggi gelombang. Kemiringan yang dimaksud dalam model Mangkoedihardjo (2007) bukanlah kemiringan dasar pantai melainkan kemiringan air yang terbentuk dari gelombang yang bergerak. Pada model tersebut pergerakan gelombang dianggap linear dan arah datangnya adalah tegak lurus garis pantai. Hal ini disebabkan karena perbedaan konsep antara aliran air pada saluran terbuka dengan pergerakan gelombang di laut. Pada saluran terbuka dengan kemiringan tertentu akan

mengalirkan air searah dengan kemiringan dasar saluran tersebut, sedangkan pada pantai, arah aliran air berlawanan dengan arah kemiringan dasar pantai sehingga kemiringan yang digunakan dalam model Mangkoedihardjo (2007) adalah kemiringan yang disesuaikan dengan arah aliran air, yakni kemiringan air (perbedaan tinggi gelombang).

Komponen lain yang juga sangat penting dalam model ini adalah nilai kekasaran manning. Nilai kekasaran tersebut merupakan suatu komponen dalam model yang sangat penting ketika akan menentukan besarnya ketahanan hidrolis pantai terhadap efek gelombang, termasuk gelombang tsunami (Latief dan Hadi, 2006). Nilai kekasaran manning tersebut secara langsung berpengaruh terhadap jarak perjalanan gelombang pada pantai, dimana semakin kecil nilai kekasaran yang digunakan maka akan semakin jauh jarak perjalanan gelombangnya. Oleh karena itu, untuk membandingkan panjang jarak perjalanan gelombang pada pantai dengan vegetasi mangrove dan pada pantai tanpa vegetasi mangrove, parameter hidrolis berupa kecepatan *run-off* dan jari-jari hidrolis area *run-off* secara horizontal pada pantai dianggap sebagai faktor konstan. Pada penelitian ini faktor konstan yang diperoleh adalah sebesar 0,2.

4.2.2. Lebar Mangrove yang Diperlukan Berdasarkan Kondisi Hidrolis Pantai

Berdasarkan data pada Tabel 4.2 di atas, dapat diketahui bahwa jarak perjalanan gelombang pada pantai tanpa vegetasi mangrove lebih besar dibandingkan dengan jarak perjalanan gelombang pada pantai dengan vegetasi mangrove. Perbedaan besarnya jarak perjalanan gelombang pada kedua jenis pantai tersebut disebabkan oleh perbedaan nilai kekasaran yang digunakan, dimana pada pantai tanpa vegetasi mangrove dianggap sebagai sebuah saluran dengan dasar yang licin atau tanpa hambatan dengan nilai kekasaran sebesar 0,05 dan pantai dengan vegetasi mangrove dianggap sebagai sebuah saluran penuh rintangan dengan nilai kekasaran sebesar 0,15 (Mangkoedihardjo, 2007).

Penentuan lebar mangrove yang diperlukan tidaklah sama untuk wilayah pantai yang berbeda. Pada lokasi penelitian dengan tinggi gelombang 0,32 m diperlukan mangrove dengan lebar 27 m sedangkan pada kondisi tinggi

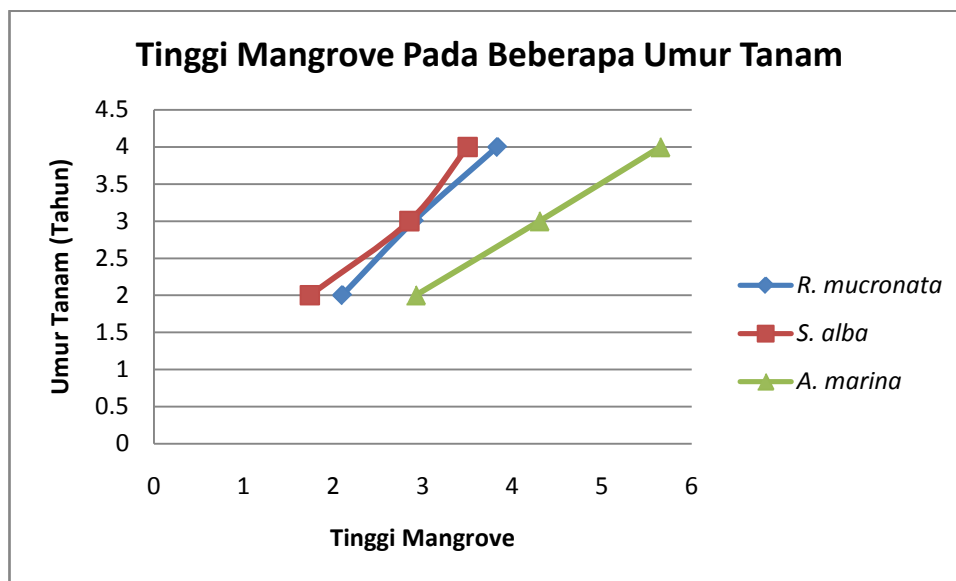
gelombang 1,67 m maka lebar mangrove yang diperlukan adalah 104 m. Hal ini menunjukkan bahwa penentuan lebar mangrove harus disesuaikan dengan kondisi hidrolik pada pantai (McIvor, 2012).

4.2.3. Pengaruh Karakteristik Vegetasi Mangrove Terhadap Atenuasi Gelombang di Pantai

Atenuasi tinggi gelombang dipengaruhi oleh dua faktor yakni kondisi hidrolik dan faktor karakteristik vegetasi mangrove (Hashim *et al*, 2013). Kondisi hidrolik meliputi kemiringan dan tinggi gelombang (McIvor *et al*, 2012), sedangkan karakteristik vegetasi mangrove meliputi jenis spesies, umur, tinggi pohon, struktur vegetasi, kerapatan dan lebar vegetasi (Hashim *et al*, 2013).

- Karakteristik vegetasi mangrove

Tinggi mangrove dari ketiga jenis spesies pada beberapa umur tanam, yakni 2, 3 dan 4 tahun dapat dilihat pada Grafik Gambar 4.12 dibawah ini.



Gambar 4.12. Grafik Tinggi Mangrove Pada Umur Tanam 2, 3 dan 4 Tahun

Dari Grafik pada Gambar 4.12 diatas diketahui bahwa *Sonneratia alba* pada wilayah Ujung Pangkah memiliki tinggi pohon yang paling rendah jika dibandingkan dengan tinggi pohon *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina*. Hal ini disebabkan karena mangrove jenis *Sonneratia spp* memiliki preferensi

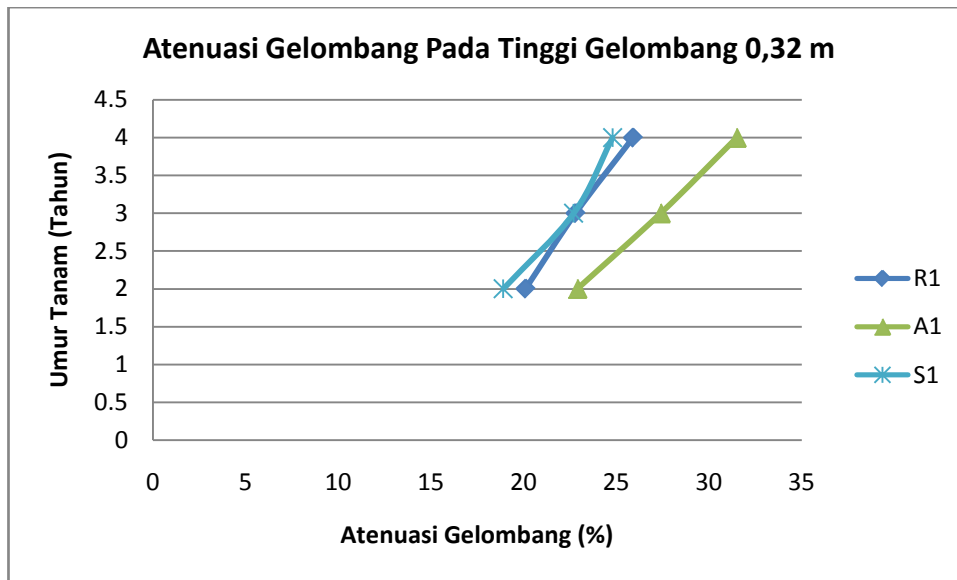
habitat yang lebih besar terhadap substrat dasar berupa tanah berpasir daripada berlumpur, sedangkan untuk *Rhizophora spp* lebih menyukai substrat dasar berupa lumpur (Setyawan dkk, 2008). Preferensi habitat tersebut menyebabkan mangrove dari jenis *Sonneratia spp* lebih mudah dijumpai pada wilayah pantai selatan Pulau Jawa yang cenderung berpasir sedangkan *Rhizophora spp* lebih mudah dijumpai di wilayah pantai utara Pulau Jawa yang cenderung berlumpur (Steenis, 1958).

- **Atenuasi gelombang pada vegetasi mangrove**

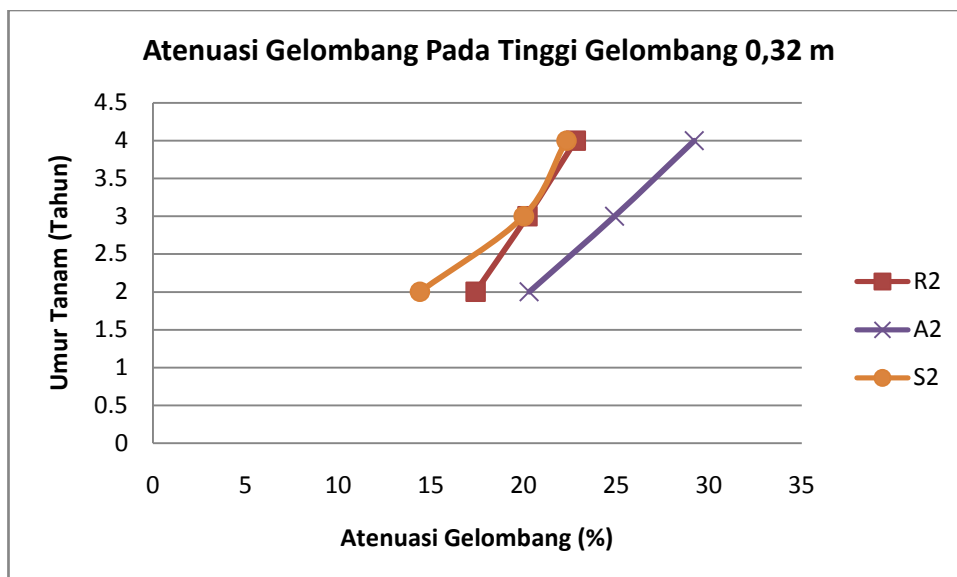
Atenuasi gelombang setelah melewati suatu vegetasi mangrove dengan karakteristik tertentu dianalisis menggunakan model yang dikembangkan oleh Bao (2011). Pada model tersebut hanya menganalisis pengaruh karakteristik vegetasi mangrove yang meliputi tinggi pohon, kerapatan serta persen kanopi terhadap tinggi gelombang tertentu tanpa memperhatikan faktor hidrolis lainnya, seperti kemiringan dasar pantai. Padahal menurut McIvor *et al* (2012), kemiringan dasar pantai juga berpengaruh terhadap atenuasi gelombang pada vegetasi mangrove (Gambar 2.11). Sehingga pada penelitian ini kedua faktor tersebut diintegrasikan. Lebar mangrove diperoleh dengan memperhatikan faktor-faktor hidrolis pantai (Mangkoedihardjo, 2007) yang kemudian lebar mangrove berdasarkan kondisi hidrolis pantai tersebut digunakan dalam model Bao (2011) sehingga dapat diketahui atenuasi gelombang yang terjadi. Gambar 4.13 – 4.16 menunjukkan atenuasi gelombang pada tinggi gelombang 0,32 m dan 1,67 m.

Pada Gambar 4.13 – 4.16 menunjukkan kecenderungan yang sama, yakni semakin tua umur mangrove, maka semakin besar persen atenuasi yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena pada umur tanam yang lebih tua memiliki ukuran pohon yang lebih tinggi pula. Oleh sebab itulah pada umur mangrove yang lebih tua, atenuasi gelombangnya juga akan semakin besar. Namun pada tinggi gelombang 0,32 m ini, semua spesies mangrove dari semua umur tanam dan semua jarak tanam menunjukkan atenuasi gelombang yang rendah, hanya berkisar antara 14,4-31,5%. Hal ini disebabkan karena pada model yang dikembangkan oleh Bao (2011) hanya sesuai untuk ukuran pohon tertentu dimana kanopi pohon tersebut dapat tergenang oleh tinggi gelombang yang datang (Horstman *et al*,

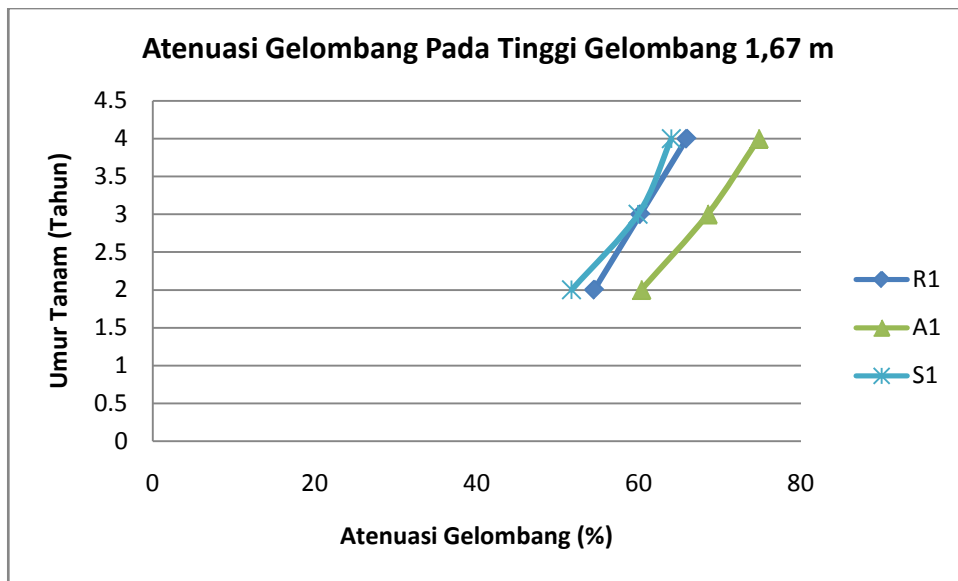
2012). Tinggi gelombang yang hanya sebesar 0,32 m tidak dapat menggenangi kanopi pohon baik untuk spesies *Rhizophora mucrota*, *Avicennia marina* dan *Sonneratia alba* pada semua umur tanam. Model oleh Bao (2011) ini pun juga terbatas untuk tanaman dengan tinggi lebih dari 20 m (Horstman *et al*, 2012).



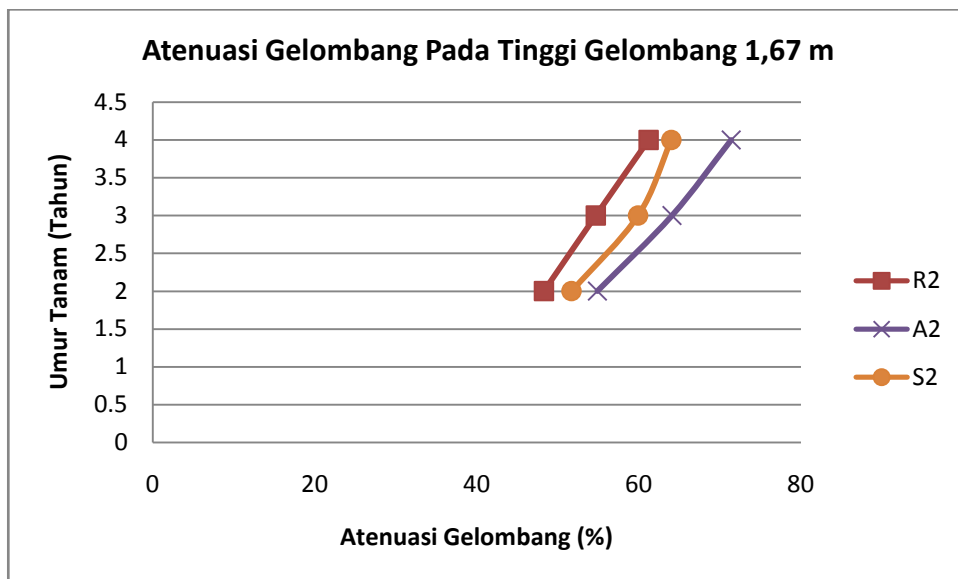
Gambar 4.13. Grafik Atenuasi Gelombang Pada Tinggi Gelombang 0,32
(R = *R. mucronata*; A = *A. marina*; S = *S. alba*; 1 = jarak tanam 1x1m²)



Gambar 4.14. Grafik Atenuasi Gelombang Pada Tinggi Gelombang 1,67
(R = *R. mucronata*; A = *A. marina*; S = *S. alba*; 2 = jarak tanam 2x1m²)



Gambar 4.15. Grafik Atenuasi Gelombang Pada Tinggi Gelombang 1,67
(R = *R. mucronata*; A = *A. marina*; S = *S. alba*; 1 =jarak tanam 1x1m²)



Gambar 4.16. Grafik Atenuasi Gelombang Pada Tinggi Gelombang 1,67
(R = *R. mucronata*; A = *A. marina*; S = *S. alba*; 2 =jarak tanam 2x1m²)

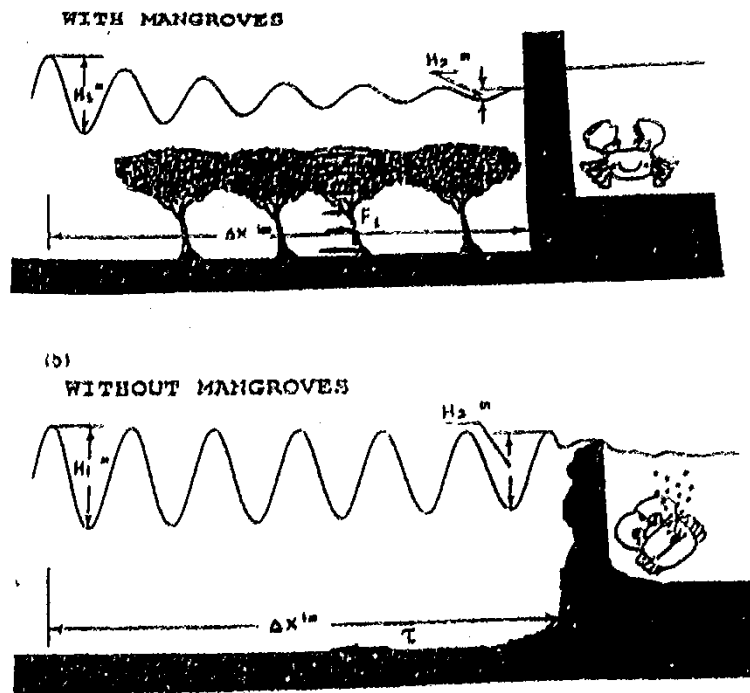
Perbedaan antara atenuasi gelombang yang terjadi pada tinggi gelombang 0,32 m dan 1,67 m adalah tinggi gelombang yang teratenuasi. Persen atenuasi lebih besar terjadi pada tinggi gelombang 1,67 m dengan lebar mangrove sebesar 104 m. Walaupun demikian, lebar mangrove sebesar 104 m tersebut hanya dapat

mereduksi tinggi gelombang sebesar 45,1-74,8%. Sehingga tinggi gelombang setelah melewati vegetasi mangrove masih tergolong tinggi, yakni 43,3-94,4 m.

Tingginya gelombang setelah melewati vegetasi mangrove tersebut diduga karena lebar mangrove yang kurang lebar. Hal ini dapat terjadi karena penggunaan nilai kekasaran yang terlalu besar. Pada model lebar optimum mangrove, nilai kekasaran (n) yang digunakan adalah 0,15 mengacu pada Mangkoedihardjo (2007) tanpa dilakukan kalibrasi terhadap nilai n yang digunakan. Kalibrasi harus dilakukan dengan menggunakan data primer / data hasil observasi sedangkan dalam penelitian ini parameter hidrolik pantai berupa tinggi gelombang dan jarak perjalanan gelombang merupakan data sekunder yang didapatkan dari BMKG Maritim Perak sehingga tidak dapat dilakukan kalibrasi terhadap nilai n yang digunakan. Besarnya nilai kekasaran manning yang digunakan dalam penelitian inilah yang menyebabkan lebar vegetasi mangrove yang diperlukan hanya dapat mereduksi tinggi gelombang dengan persen atenuasi yang kecil. Literatur lain menyebutkan nilai kekasaran yang lebih kecil, yakni 0,02-0,07 untuk aliran air pada suatu vegetasi (Aida, 1997) dan 0,05-0,08 pada saluran alam dengan banyak tanaman pengganggu (Chow, 1985).

Karakteristik vegetasi mangrove pada model yang dikembangkan oleh Bao (2011) adalah tinggi pohon, kerapatan serta persen kanopi. Pada penelitian ini, ketiga karakteristik vegetasi mangrove tersebut dinyatakan kedalam satuan waktu, yakni umur mangrove, dimana semakin tua umur tanaman maka nilai karakteristik vegetasinya semakin besar. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa semakin tua umur mangrove, atenuasi gelombang yang dihasilkan pun semakin besar. Hal ini sesuai dengan Mazda *et al* (1997) yang menyatakan bahwa reduksi gelombang pada vegetasi mangrove berumur 6 tahun lebih besar jika dibandingkan dengan vegetasi mangrove berumur 0,5 tahun. Pada umur vegetasi 0,5 tahun, struktur vegetasinya masih muda dan belum kompleks sehingga reduksi gelombang hanya disebabkan oleh *bottom friction* atau gesekan dasar di sepanjang vegetasi muda. Kondisi tersebut identik dengan pantai tanpa mangrove yang reduksi tinggi gelombangnya hanya dipengaruhi oleh *bottom friction* di dasar laut (Pratiko dkk, 1997). Sedangkan pada umur vegetasi yang lebih tua, reduksi tinggi gelombang

disebabkan oleh adanya gaya drag yang bekerja disepanjang tanaman (Gambar 4.17).



Gambar 4.17. Perbedaan Reduksi Tinggi Gelombang. a) terdapat mangrove; b) tanpa mangrove (Sumber: Pratiko, dkk, 1997).

Gaya drag merupakan gaya hambat yang ditimbulkan karena adanya gesekan antara benda padat dengan fluida yang mengalirinya (Latief dan Hadi, 2006). Pada prinsipnya, gelombang yang melalui suatu penghalang akan mengalami perubahan, baik perubahan tinggi maupun energi. Gaya drag untuk aliran air diantara batang mangrove terjadi disepanjang kedalaman mulai dari dasar sampai ke permukaan air (Pratiko dkk, 1997). Semakin kompleks bagian pohon yang tergenang air, maka akan semakin besar gaya drag yang dihasilkan sehingga reduksi gelombang dapat semakin besar.

Kerapatan pohon juga secara tidak langsung memberikan pengaruh pada besarnya gaya drag yang dihasilkan, dimana semakin rapat suatu vegetasi, maka gaya drag yang dihasilkan akan semakin besar (Latief dan Hadi, 2006). Pada penelitian ini dipengaruhi oleh jarak tanam, dimana pada jarak tanam yang lebih sempit, misalnya $1 \times 1 \text{ m}^2$, kerapatannya akan lebih besar jika dibandingkan dengan kerapatan pohon pada jarak tanam $2 \times 1 \text{ m}^2$ (Purnobasuki, 2005). Seperti

yang terlihat pada grafik baik Gambar 4.11 maupun Gambar 4.12 , bahwa vegetasi yang lebih rapat (jarak tanam $1 \times 1 \text{ m}^2$) akan menghasilkan atenuasi yang lebih besar jika dibandingkan dengan vegetasi kurang rapat (jarak tanam $2 \times 1 \text{ m}^2$) untuk semua spesies mangrove pada tinggi gelombang 0,32 m dan tinggi gelombang 1,6 m.

Berdasarkan pengertian bahwa gaya hambat akan semakin besar pada bagian tanaman yang kompleks, maka atenuasi gelombang tertinggi seharusnya terdapat pada spesies *Rhizophora mucronata* yang merupakan spesies dengan bentuk akar paling kompleks jika dibandingkan dengan dua spesies lainnya yakni *Sonneratia alba* dan *Avicennia marina* (Tanaka *et al*, 2007). Namun ternyata hasil penelitian menunjukkan pada setiap variasi umur dan jarak tanam serta tinggi gelombang yang berbeda, vegetasi *Avicennia marina* lah yang dapat menghasilkan atenuasi gelombang terbesar. Hal tersebut dapat terjadi karena pada model yang dikembangkan oleh Bao (2011), komponen-komponen penghambat aliran gelombang tidak seluruhnya diperhatikan, yakni hanya memperhitungkan kerapatan pohon, sedangkan untuk kompleksitas akar seperti akar penyangga dan akar napas tidak diperhatikan. Pada hasil penelitian *Avicennia marina* merupakan jenis spesies yang paling besar dalam mereduksi tinggi gelombang. Hal ini dikarenakan *Avicennia marina* memiliki ukuran pohon yang paling tinggi, sehingga nilai karakteristik tinggi pohon pada spesies ini lebih besar jika dibandingkan dengan dua spesies lainnya yang akhirnya menghasilkan tinggi gelombang paling rendah (atenuasi tinggi).

Penelitian ini membuktikan bahwa vegetasi mangrove dapat dimanfaatkan sebagai struktur pelindung alami pantai dari gelombang, namun struktur pelindung ini memiliki keterbatasan yakni faktor pembatas kehidupan mangrove seperti jenis sedimen berupa lumpur. Pada lokasi pantai dengan sedimen selain lumpur, pelindung alami pantai disesuaikan dengan jenis sedimennya, seperti pasir pada pantai berpasir dan karang pada pantai berbatu. Apabila pelindung alami tersebut tidak dapat dipilih maka alternatif lain adalah menggunakan bangunan stabilisasi pantai berupa groin, jetty dan pemecah gelombang (Triatmodjo, 2011).

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Penelitian mengenai model hubungan karakteristik vegetasi mangrove terhadap atenuasi gelombang di wilayah pantai Ujung Pangkah telah dilakukan dan berdasarkan hasil analisa serta pembahasan dapat disimpulkan beberapa poin sebagai berikut:

1. Pantai Desa Banyuurip merupakan pantai berlumpur yang landai dengan faktor konstan pada pantai tanpa vegetasi mangrove sebesar $0,2 \text{ mm}^{-1}$
2. Berdasarkan kondisi hidrolik pantai yang meliputi kemiringan dan tinggi gelombang maka didapatkan lebar mangrove sebesar 27 m untuk meredam gelombang setinggi 0,32 m dan lebar mangrove sebesar 104 m untuk meredam gelombang setinggi 1,67 m.
3. Atenuasi terbesar terjadi pada vegetasi *Avicennia marina* umur tanam 4 tahun dengan jarak tanam $1 \times 1 \text{ m}^2$ yang dapat mengurangi gelombang setinggi 0,32 m sebesar 31,5% dan pada tinggi gelombang setinggi 1,67 m dapat mengurangi sebesar 74,8%.

5.2. Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan adalah mengaplikasikan kedua model atenuasi gelombang berdasarkan karakteristik vegetasi mangrove yang meliputi tinggi pohon, kerapatan pohon serta persen kanopi dengan kondisi hidrolik pantai menggunakan nilai kekasaran manning maupun nilai hambatan drag yang lebih spesifik untuk masing-masing jenis spesies mangrove. Data parameter hidrolik pantai sebaiknya menggunakan data hasil pengamatan, supaya nilai kekasaran yang digunakan dapat dikalibrasi berdasarkan kondisi lapangan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

ANALISA PEMBAGIAN BUTIR

SNI 03-3423-1990 ; ASTM D 422-90 (1973)

Klien :
Proyek :
Lokasi :
Lokasi Material :

CLARA PUSPITA
TESIS
UJUNG PANGKAH GRESIK.
SEDIMEN LAUT DARI UJUNG PANGKAH, GRESIK.

Tanggal uji :
Diuji Oleh :
Diperiksa :

28-Nov-14
Clara P.
Ir. Gani, MT

Sample No. = A 1

Brt Tanah Kering = 68.02 gr

Brt mangkok = 19.81 gr

ϕ (mm)	# SIEVE	Berat Tertahan (gr)		% Tertahan	% Lolos
50	2"				100
25.4	1"				100.00
19.05	3/4"				100.00
9.5	3/8"	21.432			100.00
4.76	4	23.121	3.3	4.87	95.13
2.00	10	21.375	1.6	2.30	92.83
0.85	20	21.163	1.4	1.99	90.84
0.425	40	22.106	2.3	3.38	87.46
0.125	100	32.911	13.1	19.26	68.20
0.075	200	22.613	2.8	4.12	64.08

Diameter Butiran (mm)	Percent Loses (%)
50	0
25.4	0
19.05	0
9.5	0
4.76	4.87
2.00	7.17
0.85	9.16
0.425	12.54
0.125	31.80
0.075	35.92

Sample No. = A 2

Brt Tanah Kering = 32.37 gr

Brt mangkok = 19.81 gr

ϕ (mm)	# SIEVE	Berat Tertahan (gr)		% Tertahan	% Lolos
50	2"				100
25.4	1"				100.00
19.05	3/4"				100.00
9.5	3/8"				100.00
4.76	4				100.00
2	10	19.94	0.1	0.41	99.59
0.85	20	20.128	0.3	0.99	98.60
0.425	40	20.253	0.4	1.37	97.23
0.125	100	23.652	3.8	11.87	85.36
0.075	200	20.441	0.6	1.95	83.40

Diameter Butiran (mm)	Percent Loses (%)
50	0
25.4	0
19.05	0
9.5	0
4.76	0
2	0.41
0.85	1.59
0.425	2.77
0.125	14.64
0.075	16.60

Sample No. = A 3

Brt Tanah Kering = 42.02 gr

Brt mangkok = 19.81 gr

ϕ (mm)	# SIEVE	Berat Tertahan (gr)		% Tertahan	% Lolos
50	2"				100
25.4	1"				100.00
19.05	3/4"				100.00
9.5	3/8"				100.00
4.76	4				100.00
2	10	20.15	0.3	1.06	98.94
0.85	20	20.571	0.8	2.35	96.59
0.425	40	20.345	0.5	1.66	94.93
0.125	100	20.797	1.0	3.05	91.88
0.075	200	20.588	0.8	2.41	89.47

Diameter Butiran (mm)	Percent Loses (%)
50	0
25.4	0
19.05	0
9.5	0
4.76	0
2	1.06
0.85	3.41
0.425	5.07
0.125	8.12
0.075	10.53

ANALISA PEMBAGIAN BUTIR

SNI 03-3423-1990 ; ASTM D 422-90 (1973)

[illegible]

ANALISA PEMBAGIAN BUTIR

SNI 03-3423-1990 ; ASTM D 422-90 (1973)

Klien : CLARA PUSPITA

Proyek : TESIS

Lokasi : UJUNG PANGKAH GRESIK.

Lokasi Material : SEDIMEN LAUT DARI UJUNG PANGKAH, GRESIK.

Tanggal uji : 28 Nov 2014

Diuji Oleh : Clara P.

Diperiksa : Ir. Gani, MT

Sample No. = C 2

Brt Tanah Kering = 49.9 gr

Brt mangkok = 19.81 gr

ϕ (mm)	# SIEVE	Berat Tertahan		% Tertahan	% Lolos
		#	(gr)		
50	2"				100
25.4	1"				100.00
19.05	3/4"				100.00
9.5	3/8"				100.00
4.76	4	20.234	0.425	0.85	99.15
2.00	10	20.976	1.167	2.34	96.81
0.85	20	21.74	1.931	3.87	92.94
0.425	40	21.229	1.420	2.85	90.09
0.125	100	21.611	1.802	3.61	86.48
0.075	200	20.554	0.745	1.49	84.99

KERIKIL

PASIR

BUTIRAN HALUS

0.85%

14.16%

84.99%

LANAU + LEMPUNG

Diameter Butiran (mm)	Percent Loses (%)
19.05	100
10	100
4.76	99.15
2	96.81
0.85	92.94
0.425	90.09
0.125	86.48
0.075	84.99

Sample No. = C 3

Brt Tanah Kering = 39.72 gr

Brt mangkok = 19.81 gr

ϕ (mm)	# SIEVE	Berat Tertahan		% Tertahan	% Lolos
		#	(gr)		
50	2"				100
25.4	1"				100.00
19.05	3/4"				100.00
9.5	3/8"				100.00
4.76	4				100.00
2	10	19.993	0.2	0.46	99.54
0.85	20	20.003	0.2	0.49	99.05
0.425	40	19.999	0.2	0.48	98.57
0.125	100	21.069	1.3	3.17	95.40
0.075	200	20.101	0.3	0.74	94.66

KERIKIL

PASIR

BUTIRAN HALUS

0.00%

5.34%

94.66%

LANAU + LEMPUNG

Diameter Butiran (mm)	Percent Loses (%)
19.05	100
10	100
4.76	100
2	99.54
0.85	99.05
0.425	98.57
0.125	95.40
0.075	94.66

Sample No. = C 4

Brt Tanah Kering = 52.1 gr

Brt mangkok = 19.81 gr

ϕ (mm)	# SIEVE	Berat Tertahan		% Tertahan	% Lolos
		#	(gr)		
50	2"				100
25.4	1"				100.00
19.05	3/4"				100.00
9.5	3/8"				100.00
4.76	4				100.00
2	10				100.00
0.85	20	19.898	0.1	0.22	99.78
0.425	40	19.875	0.1	0.17	99.61
0.125	100	20.545	0.7	1.85	97.76
0.075	200	20.462	0.7	1.64	96.11

KERIKIL

PASIR

BUTIRAN HALUS

0.00%

3.89%

96.11%

LANAU + LEMPUNG

Diameter Butiran (mm)	Percent Loses (%)
19.05	100
10	100
4.76	100
2	100
0.85	99.78
0.425	99.61
0.125	97.76
0.075	96.11

ANALISA PEMBAGIAN BUTIR

SNI 03-3423-1990 ; ASTM D 422-90 (1973)

<

ANALISA PEMBAGIAN BUTIR

SNI 03-3423-1990 ; ASTM D 422-90 (1973)

Klien : CLARA PUSPITA
Proyek : TESIS
Lokasi : UJUNG PANGKAH GRESIK.
Lokasi Material : SEDIMEN LAUT DARI UJUNG PANGKAH, GRESIK.

Tanggal uji : 28 Nov 2014
Diuji Oleh : Clara P.
Diperiksa : Ir. Gani, MT

Sample No. = D 4					
Brt Tanah Kering = 39.53 gr					
Brt mangkok = 19.81 gr					
ϕ (mm)	# SIEVE	Berat Tertahan (gr)		% Tertahan	% Losos
50	2"				100
25.4	1"				100.00
19.05	3/4"				100.00
9.5	3/8"				100.00
4.76	4				100.00
2.00	10	19.822	0.013	0.03	99.97
0.85	20	19.844	0.035	0.09	99.88
0.425	40	19.904	0.095	0.24	99.64
0.125	100	20.642	0.833	2.11	97.53
0.075	200	20.065	0.256	0.65	96.88

KERIKIL	PASIR			BUTIRAN HALUS
	KASAR	MEDIUM	HALUS	LANAU + LEMPUNG
0.00%	3.12%			96.88%

The graph plots Percent Loses (%) against Diameter Butiran (mm). The y-axis ranges from 0 to 100 in increments of 10. The x-axis shows sieve diameters: 19.05, 10, 4.76 (#4), 2 (#10), 0.85 (#20), 0.425 (#40), 0.149 (#100), 0.075 (#200), 0.01, 0.005, and 0.001 mm. Data points are plotted at each sieve size, connected by straight lines. The curve starts at 100% loss for all sieves down to #40, where it drops slightly to approximately 99.6%, then continues downward through #100 (~99%) and #200 (~96.9%).

Sample No. = E 1					
Brt Tanah Kering = 38.44 gr					
Brt mangkok = 19.81 gr					
ϕ (mm)	# SIEVE	Berat Tertahan (gr)		% Tertahan	% Losos
50	2"				100
25.4	1"				100.00
19.05	3/4"				100.00
9.5	3/8"				100.00
4.76	4				100.00
2	10	20.300	0.5	1.28	98.72
0.85	20	20.192	0.4	1.00	97.73
0.425	40	20.228	0.4	1.09	96.64
0.125	100	22.687	2.9	7.49	89.15
0.075	200	20.103	0.3	0.76	88.38

KERIKIL	PASIR			BUTIRAN HALUS
	KASAR	MEDIUM	HALUS	LANAU + LEMPUNG
0.00%	11.62%			88.38%

This graph displays Percent Loses (%) versus Diameter Butiran (mm) for sample E 1. It uses the same axes as the first graph. The data curve remains at 100% until sieve #40, then decreases to ~96.6% at #40, ~89.2% at #100, and ends at 88.38% at sieve #200.

Sample No. = E 2					
Brt Tanah Kering = 40.51 gr					
Brt mangkok = 19.81 gr					
ϕ (mm)	# SIEVE	Berat Tertahan (gr)		% Tertahan	% Losos
50	2"				100
25.4	1"				100.00
19.05	3/4"				100.00
9.5	3/8"				100.00
4.76	4				100.00
2	10	20.084	0.3	0.72	99.28
0.85	20	20.199	0.4	1.01	98.27
0.425	40	20.374	0.6	1.47	96.80
0.125	100	22.174	2.4	6.15	90.65
0.075	200	20.159	0.3	0.91	89.74

KERIKIL	PASIR			BUTIRAN HALUS
	KASAR	MEDIUM	HALUS	LANAU + LEMPUNG
0.00%	10.26%			89.74%

The third graph shows Percent Loses (%) versus Diameter Butiran (mm) for sample E 2. Similar to the previous ones, the curve stays at 100% until sieve #40, then declines to ~96.8% at #40, ~90.7% at #100, and reaches 89.74% at sieve #200.

ANALISA PEMBAGIAN BUTIR

SNI 03-3423-1990 ; ASTM D 422-90 (1973)

Klien

:

CLARA PUSPITA

Proyek

:

TESIS

Lokasi

:

UJUNG PANGKAH GRESIK.

Lokasi Material

:

SEDIMEN LAUT DARI UJUNG PANGKAH, GRESIK.

Tanggal uji

:

28 Nov 2014

Diuji Oleh

:

Clara P.

Diperiksa

:

Ir. Gani, MT

Sample No.

=

E 3

Brt Tanah Kering

=

32.93 gr

Brt mangkok

=

19.81 gr

φ

(mm)

#

SIEVE

Berat Tertahan

(gr)

%

Tertahan

%

Lolos

50

2"

100

25.4

1"

100.00

19.05

3/4"

100.00

9.5

3/8"

100.00

4.76

4

20.002

0.193

0.59

99.41

2.00

10

19.886

0.077

0.23

99.18

0.85

20

19.978

0.169

0.51

98.67

0.425

40

20.04

0.231

0.70

97.97

0.125

100

21.648

1.839

5.58

92.38

0.075

200

20.179

0.370

1.12

91.26

KERIKIL

KASAR

MEDIUM

HALUS

BUTIRAN HALUS

LANAU + LEMPUNG

0.59%

8.16%

91.26%

Percent Lolos (%)

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

19.05

10

4.76

2

1

0.85

0.425

0.149

0.075

0.01

0.005

0.001

Diameter Butiran , (mm)

Sample No.

=

E 4

Brt Tanah Kering

=

32.83 gr

Brt mangkok

=

19.81 gr

φ

(mm)

#

SIEVE

Berat Tertahan

(gr)

%

Tertahan

%

Lolos

50

2"

100

25.4

1"

100.00

19.05

3/4"

100.00

9.5

3/8"

100.00

4.76

4

20.002

0.193

0.59

99.41

2

10

19.832

0.023

0.07

99.34

0.85

20

19.898

0.089

0.27

99.07

0.425

40

19.909

0.100

0.30

98.77

0.125

100

20.55

0.741

2.26

96.51

0.075

200

20.016

0.207

0.63

95.88

KERIKIL

KASAR

MEDIUM

HALUS

BUTIRAN HALUS

LANAU + LEMPUNG

0.59%

3.53%

95.88%

PERSENT. LOLOS (%)

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

19.05

10

4.76

2

1

0.85

0.425

0.149

0.075

0.01

0.005

0.001

Diameter Butiran , (mm)



MODEL HUBUNGAN KARAKTERISTIK VEGETASI MANGROVE TERHADAP ATENUASI GELOMBANG (STUDI KASUS DI WILAYAH PANTAI UJUNG PANGKAH)

MODEL OF MANGROVE VEGETATION CHARACTERISTIC ON WAVE ATTENUATION (CASE STUDY IN COAST AREA OF UJUNG PANGKAH)

*Clara Puspita^{1, *)} dan Nieke Karnaningroem²⁾*

- 1) Environmental Engineering, Sepuluh Nopember Institute of Technology
Sukolilo, Surabaya, Indonesia
e-mail: cppuspita@gmail.com*
- 2) Environmental Engineering, Sepuluh Nopember Institute of Technology*

** Corresponding author*

ABSTRAK

Mangrove secara fisik diketahui dapat melindungi pantai dari gelombang dengan mekanisme atenuasi gelombang/berkurangnya tinggi gelombang setelah melewati vegetasi mangrove. Besarnya atenuasi gelombang pada pantai oleh vegetasi mangrove dipengaruhi oleh parameter hidrolis pantai serta karakteristik vegetasi mangrove pada pantai tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh vegetasi mangrove dengan karakteristik tertentu terhadap atenuasi gelombang di pantai. Penelitian dilakukan di pantai Desa Banyuurip Kecamatan Ujung Pangkah Kabupaten Gresik dengan menggunakan model prinsip hidrolis saluran terbuka dengan pendekatan persamaan *mannig* untuk mendapatkan lebar mangrove minimum yang diperlukan dan model atenuasi gelombang pada suatu vegetasi mangrove. Variabel dalam penelitian ini adalah tinggi gelombang (0,32 m dan 1,67 m), spesies mangrove (*Rhizophora mucronata*, *Avicennia marina* dan *Sonneratia alba*), tinggi mangrove berdasarkan umur (2,3 dan 4 Tahun) serta jarak tanam (1x1 m² dan 2x1 m²). Hasil penelitian menunjukkan bahwa lebar mangrove yang diperlukan adalah 27 m untuk tinggi gelombang 0,32 m dan 104 m untuk tinggi gelombang 1,67 m. Atenuasi terbesar terjadi pada vegetasi *Avicennia marina* umur tanam 4 tahun dengan jarak tanam 1x1 m² yang dapat mengurangi gelombang setinggi 0,32 m sebesar 31,5% dan tinggi gelombang 1,67 m sebesar 74,8%.

Kata kunci: atenuasi gelombang, karakteristik vegetasi mangrove, parameter hidrolis

ABSTRACT

Mangrove is widely known as a vegetation which naturally protect coast area from the waves action through the wave attenuation mechanism after passing through the mangrove vegetation. Wave attenuation in coastal mangrove vegetation is affected by the hydraulic conditions of the coast and mangrove vegetation characteristics. This study was done in order to determine the effect of mangrove vegetation with particular characteristics of the attenuation of waves. Research carried out at coast area of Banyuurip, Ujung Pangkah, Gresik by using open channel hydraulics principles models with *mannig* equation approach to obtain the minimum band width required of mangrove and models of wave attenuation in a mangrove vegetation. Variables in this study were wave height (0.32 m and 1.67 m), mangrove species (*Rhizophora mucronata*, *Avicennia marina* and *Sonneratia alba*), mangrove



tree height based on age (2,3 and 4 years) and plant spacing ($1 \times 1 \text{ m}^2$ and $2 \times 1 \text{ m}^2$). The results showed that the mangrove band width required is 27 m to 0,32 m wave height and 104 m to 1,67 m wave height. Greatest attenuation occurs in vegetation of *Avicennia marina* age of 4 years with a spacing of $1 \times 1 \text{ m}^2$ which can reduce 0,32 m wave height by 31,5 % and 1,67 m wave height by 74,8%.

Keywords: hydraulic condition, mangrove vegetation characteristic, wave attenuation.

PENDAHULUAN

Mangrove merupakan ekosistem pesisir yang banyak dijumpai di daerah tropis dan sebagian sub tropis. Mangrove memiliki banyak manfaat, baik secara ekonomi, biologi, maupun secara fisik. Secara ekonomi, mangrove dapat menghasilkan produk-produk yang bernilai jual seperti kayu, bahan makanan dan obat-obatan, sedangkan secara biologi mangrove berperan sebagai tempat pemijahan, pengasuhan dan tempat mencari makan bagi biota-biota yang tinggal di ekosistem mangrove (Ilham dkk, 2011). Struktur vegetasi mangrove yang khas diketahui secara fisik dapat melindungi pantai dari gelombang sehingga dapat mencegah terjadinya erosi (Ilham dkk, 2011). Mekanisme perlindungan pantai dari gelombang secara alami oleh vegetasi mangrove adalah penghancuran energi gelombang pada kondisi gelombang normal (Triatmodjo, 1999), ditandai dengan berkurangnya tinggi gelombang permukaan yang kemudian disebut sebagai atenuasi gelombang (Brinkman, 2006). Besarnya atenuasi gelombang yang dapat terjadi di suatu wilayah pantai akibat adanya vegetasi mangrove dipengaruhi oleh faktor hidrolik dan faktor karakteristik vegetasi mangrove (Hashim *et al.*, 2013). Faktor hidrolik yang dimaksud adalah kondisi hidrolik pantai yang meliputi kemiringan dasar pantai, kedalaman air serta tinggi gelombang (McIvor *et al.*, 2012), sedangkan karakteristik vegetasi mangrove yang dimaksud meliputi komposisi spesies, kerapatan pohon, lebar vegetasi, umur tanaman, ukuran pohon (tinggi pohon dan diameter batang pohon) serta sistem perakaran (Hashim *et al.*, 2013).

Kemampuan mangrove dalam mengatenuasi gelombang pada pantai telah banyak diteliti, baik berdasarkan pengamatan di lapangan maupun pengamatan di laboratorium (Hashim *et al.*, 2013) yang kemudian menghasilkan beberapa model mengenai peran mangrove sebagai pelindung pantai dari gelombang. Beberapa model tersebut adalah model oleh Mangkoedihardjo (2007) dan Bao (2011). Mangkoedihardjo (2007) memodelkan lebar optimum mangrove untuk mengurangi jarak perjalanan gelombang yang menuju ke daratan. Model tersebut menganalogikan wilayah pantai sebagai suatu saluran terbuka yang sangat lebar. Pada model tersebut digunakan prinsip hidrolika saluran terbuka dengan analisis pendekatan manning untuk memodelkan besarnya jarak perjalanan gelombang pada pantai dengan mangrove dan pantai tanpa mangrove. Model ini memiliki keterbatasan yakni hanya memodelkan atenuasi gelombang berdasarkan parameter hidrolik pantai saja. Sedangkan Bao (2011) memodelkan atenuasi gelombang yang terjadi setelah melewati suatu vegetasi mangrove dengan karakteristik tertentu. Karakteristik vegetasi mangrove yang dimaksud meliputi tinggi pohon, kerapatan pohon serta tutupan kanopi. Keterbatasan pada model Bao (2011) ini adalah tidak dipertimbangkannya faktor hidrolik pantai. Oleh sebab itu diperlukan suatu penelitian mengenai atenuasi gelombang pada pantai dengan memperhatikan kedua faktor yang mempengaruhi, yakni faktor hidrolik pantai menggunakan model oleh Mangkoedihardjo (2007) dan faktor karakteristik vegetasi mangrove menggunakan model oleh Bao (2011). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh karakteristik vegetasi mangrove dalam atenuasi gelombang sehingga dapat diketahui karakteristik mangrove yang efektif dalam mengatenuasi gelombang.



METODE

Penelitian dilakukan menggunakan dua model atenuasi gelombang, yakni model lebar optimum mangrove berdasarkan prinsip hidrolika saluran terbuka dan model atenuasi gelombang berdasarkan karaktersitik vegetasi mangrove.

Lebar optimum mangrove dianalisa menggunakan model oleh Mangkoedihardjo (2007) sebagai berikut (untuk selanjutnya disebut sebagai model 1):

$$hf/L = n^2 \left(V_r/R^{3/2} \right)^2 \dots\dots\dots (Model 1)$$

Keterangan :

hf : perbedaan tinggi gelombang

L : jarak perjalanan gelombang

n : koefisien kekasaran manning (0,05 pada pantai tanpa mangrove; 0,15 pada pantai dengan mangrove)

$(V_r/R^{3/2})^2$: faktor konstan pada pantai (selanjutnya disebut sebagai fc)

Faktor konstan adalah parameter hidrolis pantai yang dianggap sama pada pantai dengan mangrove dan pantai tanpa mangrove. Penentuan faktor konstan dilakukan pada pantai tanpa mangrove (menggunakan nilai $n=0,05$). Faktor konstan yang didapatkan tersebut kemudian digunakan kembali pada model 1 dengan nilai $n=0,15$ untuk mendapatkan jarak perjalanan gelombang pada pantai dengan mangrove yang analog dengan lebar minimum vegetasi mangrove yang diperlukan.

Lebar mangrove yang diperoleh dari model 1 tersebut kemudian digunakan dalam model atenuasi gelombang oleh Bao (2011) (selanjutnya disebut sebagai model 2) untuk menganalisa besarnya atenuasi gelombang yang terjadi pada masing-masing karakteristik vegetasi mangrove. Model 2 tersebut sebagai berikut:

$$B_w = \frac{\ln(Wh) - \ln(0,9899 I_{wh} + 0,3526)}{0,048 - (0,0016 \times TH) - (0,00178 \times \ln(TD)) - 0,0077(\ln(CC))} \dots\dots\dots (Model 2)$$

Keterangan :

Bw : lebar mangrove (m)

Wh : tinggi gelombang setelah melewati vegetasi mangrove (cm)

Iwh : tinggi gelombang sebelum melewati vegetasi mangrove (cm)

TH : rata-rata tinggi pohon (m)

TD : kerapatan pohon (jumlah pohon/Ha)

CC : tutupan kanopi (%)

Pengumpulan data dilakukan secara langsung dan tidak langsung. Pada model 1, data yang diperlukan adalah data tinggi gelombang yang diperoleh dari BMKG Maritim Perak (data perairan Ujung Pangkah Tahun 2013). Sedangkan pada model 2, data yang diperlukan adalah data mengenai lebar mangrove dan karakteristik vegetasi mangrove yang meliputi tinggi pohon, ke rapatan pohon dan tutupan kanopi. Tinggi pohon dan tutupan kanopi merupakan data primer dari hasil pengukuran sedangkan kerapatan pohon di peroleh berdasarkan hasil studi literatur mengenai jarak tanam, dimana kerapatan pohon pada jarak tanam $1 \times 1 \text{ m}^2$ adalah 10.000 pohon/ Ha dan pada jarak tanam $2 \times 1 \text{ m}^2$ kerapatannya adalah 5.000 pohon/ Ha (Purnobasuki, 2005).



HASIL DAN PEMBAHASAN

Pantai pada lokasi penelitian merupakan pantai berlumpur yang landai. Data tinggi gelombang pada perairan Ujung Pangkah tahun 2013 yang diperoleh dari BMKG Maritim Perak menunjukkan bahwa tinggi gelombang maksimal yang terjadi pada pantai di lokasi penelitian adalah 1,67 m, tinggi gelombang rata-rata 0,32 m dan tinggi gelombang minimum 0 m, sehingga tidak perlu dilakukan analisis pada kondisi tinggi gelombang minimum. Berdasarkan data dari BMKG, didapatkan bahwa pada perbedaan tinggi gelombang (h_f) sebesar 0,47 m dapat menempuh jarak perjalanan gelombang (L) sebesar 940 m, dengan menggunakan nilai $n=0,05$ (pada pantai tanpa mangrove) diperoleh nilai faktor konstan pada pantai di lokasi penelitian sebesar 0,2. Sehingga dapat disusun model sebagai berikut:

$$h_f/L = 0,2 n^2$$

Model tersebut kemudian digunakan untuk menganalisa lebar mangrove minimum yang diperlukan pada kondisi tinggi gelombang rata-rata dan gelombang maksimal. Jarak perjalanan gelombang pada pantai dengan mangrove dan pantai tanpa mangrove disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jarak Perjalanan Gelombang Pada Kedua Jenis Pantai

Tinggi Gelombang	Jarak Perjalanan Gelombang	
	Pantai tanpa mangrove ($n=0,05$)	Pantai dengan mangrove ($n=0,15$)
0,32 m	240 m	27 m
1,67 m	940 m	104 m

Sumber: Hasil Penelitian, 2014

Pada Tabel 1 diketahui bahwa jarak perjalanan gelombang (L) berbeda untuk kedua jenis pantai. Pada pantai tanpa vegetasi mangrove, tinggi gelombang sebesar 0,32 m dapat menempuh perjalanan sepanjang 240 m dan pada tinggi gelombang 1,67 m jarak perjalanannya adalah sepanjang 940 m. Sedangkan untuk pantai dengan vegetasi mangrove, jarak perjalanan gelombang untuk masing-masing tinggi gelombang mengalami penurunan, yakni tinggi gelombang 0,32 m dengan jarak perjalanan sepanjang 27 m dan tinggi gelombang 1,67 m dengan jarak perjalanan 104 m. Dari sini dapat diketahui bahwa penanaman vegetasi mangrove pada pantai dapat mereduksi jarak perjalanan gelombang sebesar 88,75% pada tinggi gelombang 0,32 m dan 88,9% pada tinggi gelombang 1,67 m.

Besarnya atenuasi gelombang yang terjadi setelah melewati suatu vegetasi mangrove dianalisa menggunakan model 2. Berdasarkan hasil pengukuran tinggi pohon pada ketiga spesies mangrove diketahui bahwa *A. marina* merupakan jenis mangrove dengan ukuran pohon paling tinggi dan *S. alba* memiliki tinggi pohon yang paling rendah (Gambar 1).



Gambar 1. Grafik Tinggi Mangrove Pada Umur Tanam 2, 3 dan 4 Tahun

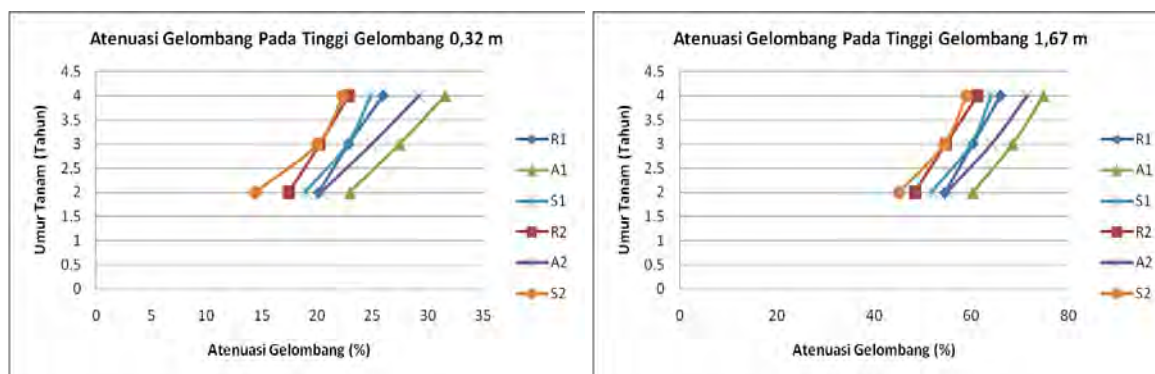


Hal tersebut disebabkan karena mangrove jenis *Sonneratia spp* memiliki preferensi habitat yang lebih besar terhadap substrat dasar berupa tanah berpasir daripada berlumpur (Setyawan dkk, 2008) . Preferensi habitat tersebut menyebabkan mangrove dari jenis *Sonneratia spp* lebih mudah dijumpai pada wilayah pantai selatan Pulau Jawa yang cenderung berpasir (Steenis, 1958). Tutupan kanopi vegetasi mangrove pada ketiga spesies dari umur tanam 2, 3 dan 4 tahun adalah 100% kecuali pada vegetasi *S. alba* umur tanam 2 tahun pada jarak tanam 2x1 m² yang hanya mencapai 90,7%. Data mengenai lebar mangrove serta karakteristik vegetasi mangrove tersebut kemudian dimodelkan untuk mendapatkan tinggi gelombang setelah melewati vegetasi mangrove dengan karakteristik tertentu. Hasil pemodelan ditabulasikan pada Tabel 2 dan disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 2.

Tabel 2. Tinggi Gelombang Setelah Melewati Vegetasi Mangrove

Iwh (cm)	Lebar Vegetasi (m)	Jenis Spesies	Umur (Tahun)	Tinggi pohon (m)	Kerapatan pohon (pohon/Ha)	Canopy closure (%)	Wh (cm)	Atenuasi Gelombang (%)
32	27	<i>Rhizophora mucronata</i>	2	2,10	5.000	100	27,3	17,4
					10.000	100	26,4	20,1
			3	2,90	5.000	100	26,3	20,2
					10.000	100	25,5	22,8
			4	3,83	5.000	100	25,3	23,4
					10.000	100	24,5	25,9
		<i>Avicennia marina</i>	2	2,92	5.000	100	26,3	20,3
					10.000	100	25,4	22,9
			3	4,30	5.000	100	24,8	24,9
					10.000	100	24,0	27,4
			4	5,65	5.000	100	23,4	29,2
					10.000	100	22,6	31,5
		<i>Sonneratia alba</i>	2	1,74	5.000	90,7	28,2	14,4
					10.000	100	26,8	18,9
			3	2,85	5.000	100	26,4	20,0
					10.000	100	25,5	22,7
			4	3,50	5.000	100	25,7	22,3
					10.000	100	24,8	24,8
167	104	<i>Rhizophora mucronata</i>	2	2,10	5.000	100	88,9	48,3
					10.000	100	78,2	54,5
			3	2,90	5.000	100	77,9	54,7
					10.000	100	68,5	60,2
			4	3,83	5.000	100	66,7	61,2
					10.000	100	58,7	65,9
		<i>Avicennia marina</i>	2	2,92	5.000	100	77,6	54,9
					10.000	100	68,3	60,3
			3	4,30	5.000	100	61,7	64,1
					10.000	100	54,3	68,5
			4	5,65	5.000	100	49,3	71,4
					10.000	100	43,3	74,8
		<i>Sonneratia alba</i>	2	1,74	5.000	90,7	94,4	45,1
					10.000	100	83,1	51,7
			3	2,85	5.000	100	78,5	54,4
					10.000	100	69,1	59,9
			4	3,50	5.000	100	70,5	59,0
					10.000	100	62,0	64,0

Sumber: Hasil analisa, 2014



Gambar 2. Grafik Atenuasi Gelombang Pada Tinggi Gelombang 0,32 dan 1,67 m
(R = *R. mucronata*; A = *A. marina*; S = *S. alba*; 1= jarak tanam 1x1m²; 2= jarak tanam 2x1m²)

Hasil pemodelan menunjukkan kecenderungan yang sama, yakni semakin tua umur mangrove, maka semakin besar persen atenuasi yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena pada umur tanam yang lebih tua memiliki ukuran pohon yang lebih tinggi pula. Oleh sebab itulah pada umur mangrove yang lebih tua, atenuasi gelombangnya juga akan semakin besar. Pada tinggi gelombang 0,32 m, atenuasi gelombang yang terjadi hanya berkisar antara 14,4-31,5%, sedangkan pada tinggi gelombang 1,67 m, atenuasi gelombang yang terjadi berkisar antara 45,1-74,8%. Rendahnya atenuasi gelombang yang terjadi pada tinggi gelombang 0,32 m disebabkan karena pada model yang dikembangkan oleh Bao (2011) hanya sesuai untuk ukuran pohon tertentu dimana kanopi pohon tersebut dapat tergenang oleh tinggi gelombang yang datang (Horstman *et al*, 2012). Tinggi gelombang yang hanya sebesar 0,32 m tidak dapat menggenangi kanopi pohon baik untuk spesies *R. mucronata*, *A. marina* dan *S. alba* pada semua umur tanam, sehingga hambatan pada vegetasi mangrove hanya disebabkan oleh akar dan batang pohonnya saja. Pada prinsipnya, gelombang yang melalui suatu penghalang akan mengalami perubahan, baik perubahan tinggi maupun energi. Perubahan tinggi gelombang tersebut disebabkan karena gaya drag yang bekerja untuk aliran air diantara batang mangrove yang terjadi disepanjang kedalaman mulai dari dasar sampai ke permukaan air (Pratiko dkk, 1997). Semakin kompleks bagian pohon yang tergenang air, maka akan semakin besar gaya drag yang dihasilkan sehingga atenuasi gelombang dapat semakin besar. Namun pada penelitian ini didapatkan hasil yang tidak sesuai dengan prinsip tersebut, dimana *A. marina* menghasilkan atenuasi gelombang yang paling besar, padahal struktur perakaran *R. mucronata* adalah yang paling kompleks jika dibandingkan dengan *S. alba* dan *A. marina*. Hal ini menunjukkan bahwa pada model 2, komponen-komponen penghambat aliran gelombang tidak seluruhnya diperhatikan, yakni hanya memperhitungkan kerapatan pohon, sedangkan untuk kompleksitas akar seperti akar penyangga dan akar napas tidak diperhatikan.

Selain itu, atenuasi gelombang yang rendah ini juga disebabkan oleh penggunaan nilai kekasaran manning yang terlalu besar, yakni 0,15 (Mangkoedihardjo, 2007). Besarnya nilai kekasaran manning yang digunakan dalam penelitian inilah yang menyebabkan lebar vegetasi mangrove yang diperlukan hanya dapat mereduksi tinggi gelombang dengan persen atenuasi yang kecil. Literatur lain menyebutkan nilai kekasaran yang lebih kecil, yakni 0,02-0,07 untuk aliran air pada suatu vegetasi (Aida, 1997) dan 0,05-0,08 pada saluran alam dengan banyak tanaman pengganggu (Chow, 1985).



KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pada tinggi gelombang 0,32 m diperlukan mangrove selebar 27 m dan pada tinggi gelombang 1,67 diperlukan mangrove selebar 104 m. Atenuasi gelombang di pantai dipengaruhi oleh karakteristik vegetasi mangrove, dimana semakin tinggi ukuran pohon, semakin rapat pohon dan semakin besar tutupan kanopinya maka atenuasi yang terjadi pada vegetasi mangrove tersebut akan semakin besar. Atenuasi gelombang terbesar terjadi pada vegetasi *A. marina* umur tanam 4 tahun dengan jarak tanam $1 \times 1 \text{ m}^2$ yang dapat mengurangi gelombang setinggi 0,32 m sebesar 31,5% dan gelombang setinggi 1,67 m sebesar 74,8%.

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan adalah melakukan penelitian mengenai atenuasi gelombang yang terjadi pada suatu vegetasi mangrove dengan menggunakan nilai kekasaran manning maupun nilai hambatan drag yang lebih spesifik untuk masing-masing jenis spesies mangrove.

DAFTAR PUSTAKA

- Aida, I. 1977. *Numerical experiment for inundation of tsunamis*. Susaki and Usa, in the Kochi Prefecture. Bulletin of Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 52: 441–460
- Bao, T.Q. 2011. *Effects of Mangrove Forest Structures on Wave Attenuation in Coastal Vietnam*. Oceanologia 53: 807-818.
- Brinkman, Richard Michael. 2006. *Wave Attenuation in Mangrove Forest: An Investigation Through Field and Theoretical Studies*. PhD Theses, James Cook University.
- Chow, Ven Te. 1959. *Open Channel Hydraulics*. McGraw-Hill; New York.
- Hashim, A.M., Catherine, S.M.P. dan Takaijudin, H. 2013. *Effectiveness of Mangrove Forest in Surface Wave Attenuation: A Review*. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology. Vol 5 (18) : 4483-4488.
- Horstman, E., Dohmen-Janssen, M., Narra, P., van den Bergh, N.-J., Siemerink, M., Balke, T., Bouma, T.J. dan Hulscher, S. 2012. *Wave attenuation in mangrove forests: field data obtained in Trang, Thailand*. Engineering Proceedings [On-line] :1-15
- Ilham, M., Wibisono., I.T.C. dan Suryadiputra, I.N.N. 2011. *State of the Art Information on Mangrove Ecosystem in Indonesia*. Wetlands International – Indonesia Program. Bogor.
- Mangkoedihardjo, S. 2007. *The Significance of Greenspace in Coastal Area of Indonesia*. Global Journal of Environmental Research. Vol 1 (3) : 92-95
- McIvor, A.L. Moller, I. Spencer, T. dan Splading, M. 2012. *Reduction of Wind and Swell Waves by Mangroves*. Natural Coastal Protection Series: Report 1. Cambridge Coastal Research Unit Working Paper 40.
- Pratikto, W. A., Suntoyo, Solikhin dan Sambodho, K. 1997. *Struktur Pelindung Pantai*. Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan ITS, Surabaya.
- Purnobasuki, Herry. 2005. *Tinjauan Perspektif Hutan Mangrove*. Airlangga University Press: Surabaya
- Setyawan, A.D., Winarno, K., Indrowuryatno, Wiryanto dan Susilowati, A. 2008. *Tumbuhan Mangrove di Pesisir Jawa Tengah: 3. Diagram Profil Vegetasi*. Biodiversitas Vol. 9 No. 4 : 315-321
- Steenis, C.G.G.J. van. 1958. *Ecology of mangroves*. In: *Flora Malesiana*. Djakarta: Noordhoff-Kolff
- Triatmodjo, Bambang. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset: Yogyakarta

MODEL HUBUNGAN KARAKTERISTIK VEGETASI MANGROVE TERHADAP ATENUASI GELOMBANG (STUDI KASUS WILAYAH PANTAI UJUNGPAANGKAH)

CLARA PUSPITA
3313201006

Dosen Pembimbing :
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.

MAGISTER TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA



Outline Tesis

BAB I - Pendahuluan

- Latar Belakang
- Rumusan Masalah
- Tujuan
- Ruang Lingkup
- Manfaat

BAB II – Tinjauan Pustaka

- Wilayah Pesisir
- Permasalahan Wilayah Pesisir
- Gelombang
- Struktur Pelindung Pantai
- Ekosistem Mangrove
- Atenuasi Gelombang Pada Ekosistem Mangrove

BAB III – Metode Penelitian

BAB IV – Hasil Penelitian dan Pembahasan

BAB V – Penutup

BAB I - Pendahuluan

Latar Belakang

Rumusan Masalah

Tujuan

Ruang Lingkup

Manfaat

Ekosistem mangrove memiliki banyak fungsi

Eksploitasi

Erosi di Ujung Pangkah akibat konversi mangrove menjadi tambak

Model peran mangrove sebagai pelindung pantai

Menunjukkan pentingnya mangrove dalam melindungi wilayah pantai dari gelombang

Mangkoedihardjo (2007) → lebar mangrove berdasarkan kondisi hidrolis pantai
Bao (2011) → atenuasi gelombang berdasarkan karakteristik vegetasi mangrove

Model hubungan karakteristik vegetasi mangrove berdasarkan kondisi hidrolis pantai

BAB I - Pendahuluan

Latar Belakang

Rumusan Masalah

Tujuan

Ruang Lingkup

Manfaat

1. Berapakah faktor konstan pada pantai tanpa vegetasi mangrove?
2. Berapakah lebar mangrove yang diperlukan berdasarkan kondisi hidrolik pantai?
3. Bagaimanakah pengaruh tinggi mangrove terhadap atenuasi gelombang di pantai?

BAB I - Pendahuluan

Latar Belakang

Rumusan Masalah

Tujuan

Ruang Lingkup

Manfaat

1. Mengetahui faktor konstan pada pantai tanpa vegetasi mangrove.
2. Mengetahui lebar mangrove yang diperlukan berdasarkan kondisi hidrolik pantai.
3. Mengetahui pengaruh tinggi mangrove terhadap atenuasi gelombang di pantai.

BAB I - Pendahuluan

Latar Belakang

Rumusan Masalah

Tujuan

Ruang Lingkup

Manfaat

1. Lokasi penelitian di pantai Desa Banyuurip, Kec. Ujung Pangkah, Kab. Gresik.
2. Nilai kekasaran :
 $n = 0,05$ (tanpa mangrove)
 $n = 0,15$ (dengan mangrove)
3. Lebar mangrove yang dimaksud dalam penelitian ini adalah lebar mangrove tegak lurus garis pantai (lebar dari arah pantai ke arah laut).
4. Karakteristik vegetasi mangrove pada penelitian ini hanya meliputi tinggi pohon, kerapatan pohon serta persen tutupan kanopi.
5. Model yang digunakan terbatas untuk Pantai Utara Jawa tanpa memperhatikan faktor arus laut.

BAB I - Pendahuluan

Latar Belakang

Rumusan Masalah

Tujuan

Ruang Lingkup

Manfaat

6. Variabel penelitian :

- Tinggi gelombang : maksimal
minimal
rata-rata tahunan
- Jenis mangrove : *Rhizophora mucronata*
Avicennia marina
Sonneratia alba
- Tinggi mangrove berdasarkan umur : 2 tahun
3 tahun
4 tahun

8. Data tinggi gelombang dan pasang surut perairan Ujung Pangkah Tahun 2013 merupakan data sekunder (BMKG Maritim Perak)

BAB I - Pendahuluan

Latar Belakang

Rumusan Masalah

Tujuan

Ruang Lingkup

Manfaat

Penelitian ini menggabungkan kedua model peran mangrove dalam melindungi pantai dari gelombang sehingga diharapkan dapat memberikan informasi mengenai atenuasi gelombang berdasarkan dua faktor yang mempengaruhi, yakni faktor-faktor hidrolik pantai dan karakteristik vegetasi mangrove sehingga informasi yang diberikan tidak terbatas oleh salah satu faktor seperti pada model Mangkoedihardjo (2007) dan Bao (2011). Selain itu hasil penelitian ini dapat juga dimanfaatkan oleh pengelola wilayah pesisir Kabupaten Gresik sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan upaya pengelolaan wilayah pesisir melalui upaya rehabilitasi mangrove yang menjadi prioritas utama rehabilitasi ekosistem pesisir di Gresik

BAB II – Tinjauan Pustaka

Wilayah Pesisir

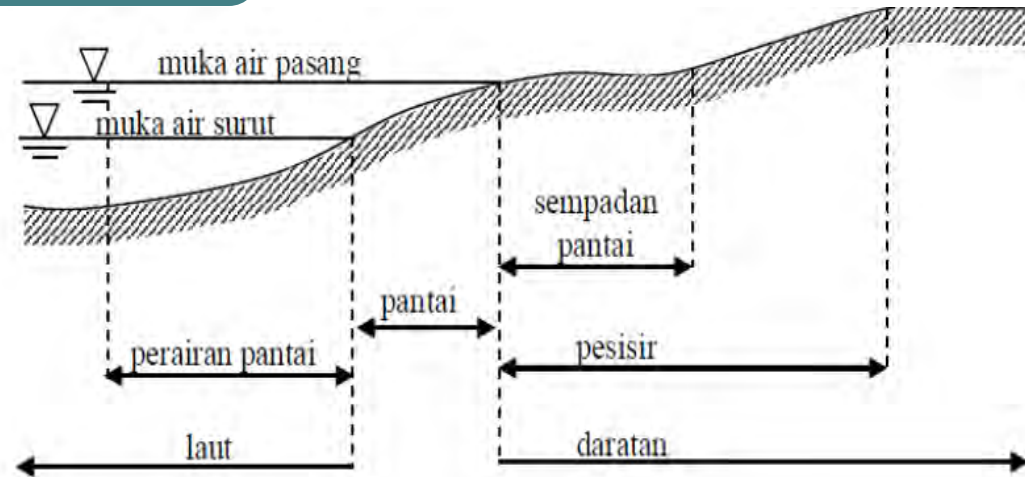
Permasalahan Wilayah Pesisir

Gelombang

Sistem Pelindung Pantai

Ekosistem Mangrove

Atenuasi Gelombang pada
Ekosistem Mangrove



Gambar 2.1. Batasan Pantai (Sumber: Triatmodjo, 1999)

Sangat intensif dimanfaatkan untuk kegiatan manusia, seperti :

- Pemukiman
- Industri
- Pertambakan
- Pertanian
- Rekreasi dan pariwisata

Sekitar 23% populasi manusia di dunia tinggal di wilayah pesisir pada jarak 100 km dari pantai.

BAB II – Tinjauan Pustaka

Wilayah Pesisir

Permasalahan Wilayah Pesisir

Gelombang

Sistem Pelindung Pantai

Ekosistem Mangrove

Atenuasi Gelombang pada
Ekosistem Mangrove

Peningkatan kegiatan manusia pada wilayah pesisir mengakibatkan beberapa permasalahan (Triatmodjo, 1999) seperti :

-Erosi

Mundurnya garis pantai akibat serangan gelombang.

-Pencemaran lingkungan

Akibat limbah industri dan limbah domestik yang berasal dari kawasan industri dan pemukiman di sekitar wilayah pesisir.

-Intrusi air laut

Akibat pemompaan air tanah secara berlebihan, sehingga muka air laut lebih tinggi daripada muka air tanah.

BAB II – Tinjauan Pustaka

Wilayah Pesisir

Permasalahan Wilayah Pesisir

Gelombang

Sistem Pelindung Pantai

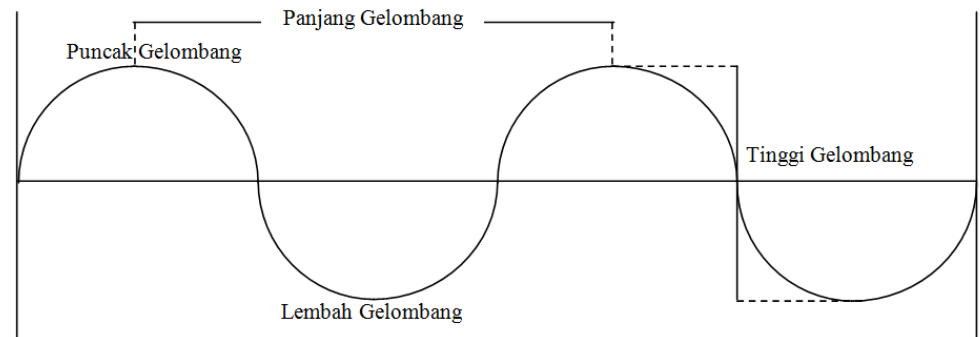
Ekosistem Mangrove

Atenuasi Gelombang pada
Ekosistem Mangrove

Gelombang yang terbentuk di laut dapat bermacam-macam bergantung pada gaya pembangkitnya (**Gelombang angin**, pasang surut, Tsunami dan gelombang akibat gerakan kapal).

Besar kecilnya gelombang angin yang terbentuk dipengaruhi oleh:

- Kecepatan angin
- Waktu angin bertiup
- Jarak tanpa rintangan/*fetch*



Gambar 2.2 Bentuk Gelombang Ideal (Hutabarat dan Evans, 2012)

BAB II – Tinjauan Pustaka

Wilayah Pesisir

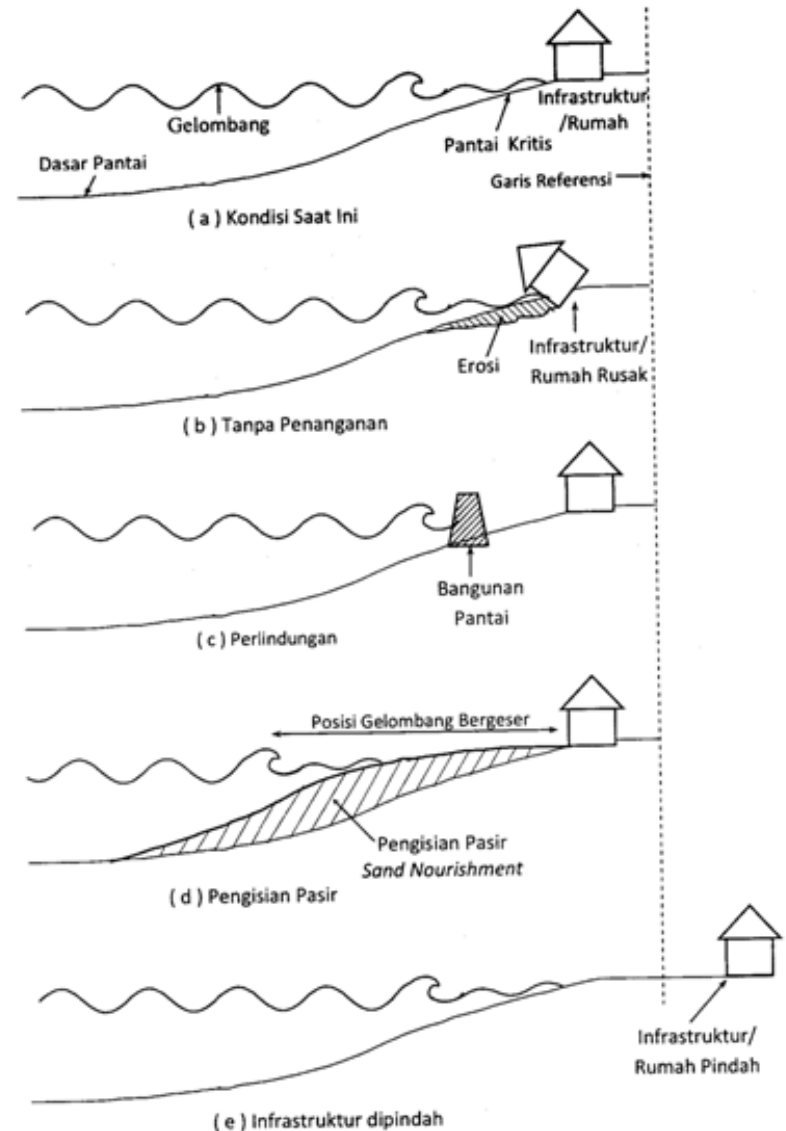
Permasalahan Wilayah Pesisir

Gelombang

Sistem Pelindung Pantai

Ekosistem Mangrove

Atenuasi Gelombang pada
Ekosistem Mangrove



BAB II – Tinjauan Pustaka

Wilayah Pesisir

Permasalahan Wilayah Pesisir

Gelombang

Sistem Pelindung Pantai

Ekosistem Mangrove

Atenuasi Gelombang pada
Ekosistem Mangrove

Definisi :

Tanaman berkayu yang tumbuh dibatas darat dan laut wilayah tropis dan sub-tropis dengan salinitas tinggi, pasang ekstrim, angin kencang, suhu tinggi, tanah berlumpur dan bersifat anaerobik (Kathiresan dan Bingham, 2001).

Tipe formasi (Purnobasuki, 2005)

- Mangrove pantai
- Mangrove muara
- Mangrove sungai

Faktor pembatas (Anonim, 2012)

- Kondisi topografi pantai
- Pasang surut
- Gelombang dan arus
- Suhu
- Salinitas
- Substrat

BAB II – Tinjauan Pustaka

Wilayah Pesisir

Permasalahan Wilayah Pesisir

Gelombang

Sistem Pelindung Pantai

Ekosistem Mangrove

Atenuasi Gelombang pada
Ekosistem Mangrove

Manfaat dan Fungsi Mangrove

Manfaat secara ekonomis (Gunarto, 2004) :

- Sumber bahan bakar (kayu, arang)
- Bahan bangunan (balok, papan)
- Keperluan rumah tangga
- Bahan tekstil
- Makanan dan obat-obatan

Fungsi biologis

Sebagai habitat biota, meliputi :

- Tempat pemijahan/*spawning ground*
- Tempat pengasuhan/*nursery ground*
- Tempat mencari makan/*feeding ground*

Fungsi fisik

- Menjaga kondisi pantai agar tetap stabil
- Melindungi tebing pantai dan tebing sungai
- Mencegah terjadinya abrasi dan intrusi air laut
- Sebagai perangkap zat pencemar

BAB II – Tinjauan Pustaka

Wilayah Pesisir

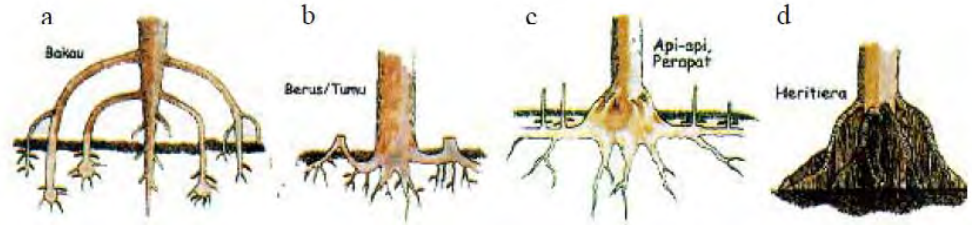
Permasalahan Wilayah Pesisir

Gelombang

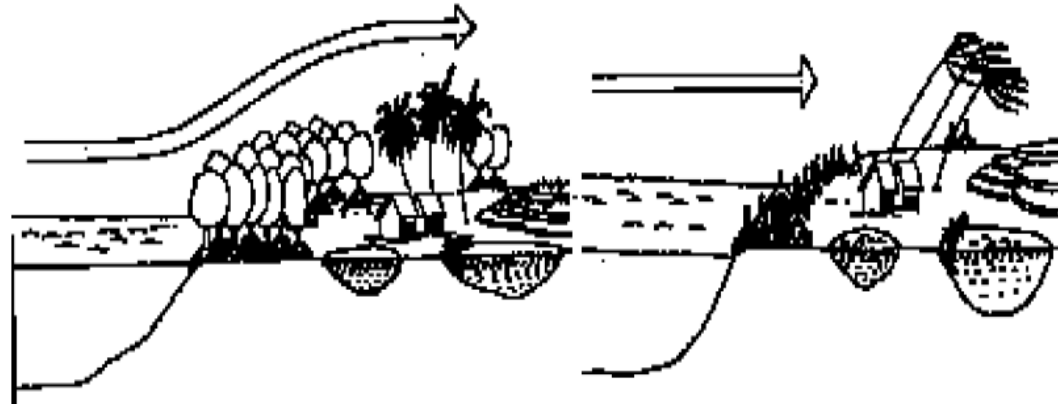
Sistem Pelindung Pantai

Ekosistem Mangrove

Atenuasi Gelombang pada
Ekosistem Mangrove



Bentuk perakaran mangrove yang kuat dan kokoh tertancap pada substrat dasar perairan → berpotensi sebagai pelindung pantai



Tegakan mangrove juga berperan dalam melindungi area pesisir dari angin kencang.

BAB II – Tinjauan Pustaka

Wilayah Pesisir

Permasalahan Wilayah Pesisir

Gelombang

Sistem Pelindung Pantai

Ekosistem Mangrove

Atenuasi Gelombang pada
Ekosistem Mangrove

Kerusakan ekosistem mangrove

Disebabkan oleh :

❖ Bencana alam → Tsunami



❖ Kegiatan manusia → perluasan lahan pertambakan, pertanian, tambak garam, penebangan kayu.



BAB II – Tinjauan Pustaka

Wilayah Pesisir

Permasalahan Wilayah Pesisir

Gelombang

Sistem Pelindung Pantai

Ekosistem Mangrove

Atenuasi Gelombang pada
Ekosistem Mangrove

Rehabilitasi mangrove

Aktivitas penanaman mangrove yang dilakukan di sepanjang pantai, terutama pantai-pantai yang hutan mangrovenya sudah hilang atau yang telah mengalami kerusakan (Kordi, 2012).

Salah satu hal yang harus diperhatikan adalah jenis mangrove yang akan ditanam.

Rhizophora mucronata

Habitat : substrat berlumpur
Ketinggian pohon mencapai 27 m
Diameter batang mencapai 70 cm
Kulit kayu berwarna hitam
Jenis akar : akar tunjang



BAB II – Tinjauan Pustaka

Wilayah Pesisir

Permasalahan Wilayah Pesisir

Gelombang

Sistem Pelindung Pantai

Ekosistem Mangrove

Atenuasi Gelombang pada
Ekosistem Mangrove

Avicennia marina

Dapat hidup pada berbagai habitat pasang surut.

Ketinggian mencapai 30 m.

Sistem perakaran horizontal yang rumit dan berbentuk pensil dengan akar nafas tegak.



Sonneratia alba

Habitat : substrat lumpur bercampur pasir, batuan dan karang.

Ketinggian mencapai 15 m.

Kulit kayu berwarna putih tua hingga coklat.

Memiliki akar nafas yang muncul ke permukaan sampai 25 cm.



BAB II – Tinjauan Pustaka

Wilayah Pesisir

Permasalahan Wilayah Pesisir

Gelombang

Sistem Pelindung Pantai

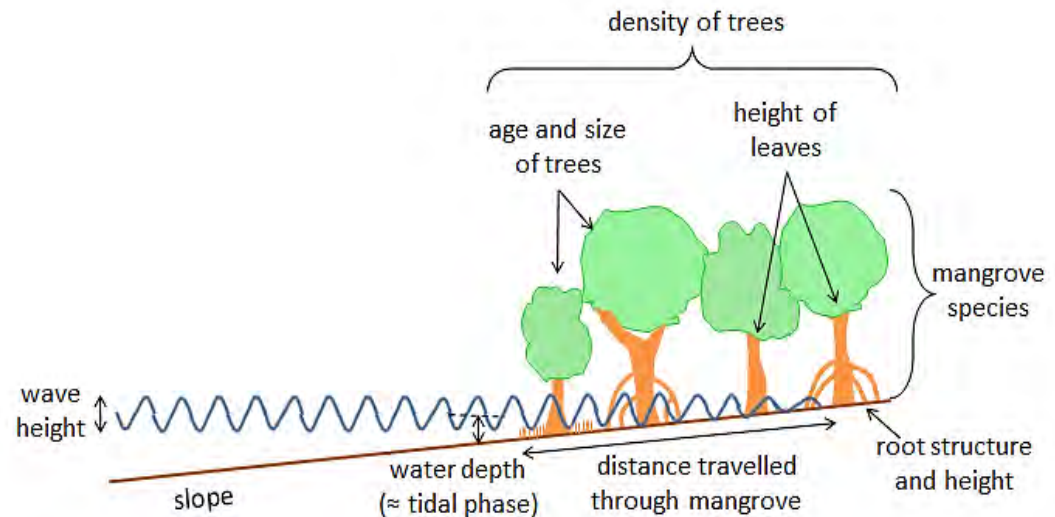
Ekosistem Mangrove

Atenuasi Gelombang pada
Ekosistem Mangrove

Atenuasi gelombang oleh ekosistem mangrove dipengaruhi oleh 2 faktor :

-Faktor hidrolik

-Faktor karakteristik vegetasi mangrove



Gambar Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Atenuasi Gelombang
(Sumber: McIvor *et al*, 2012)

BAB II – Tinjauan Pustaka

Wilayah Pesisir

Permasalahan Wilayah Pesisir

Gelombang

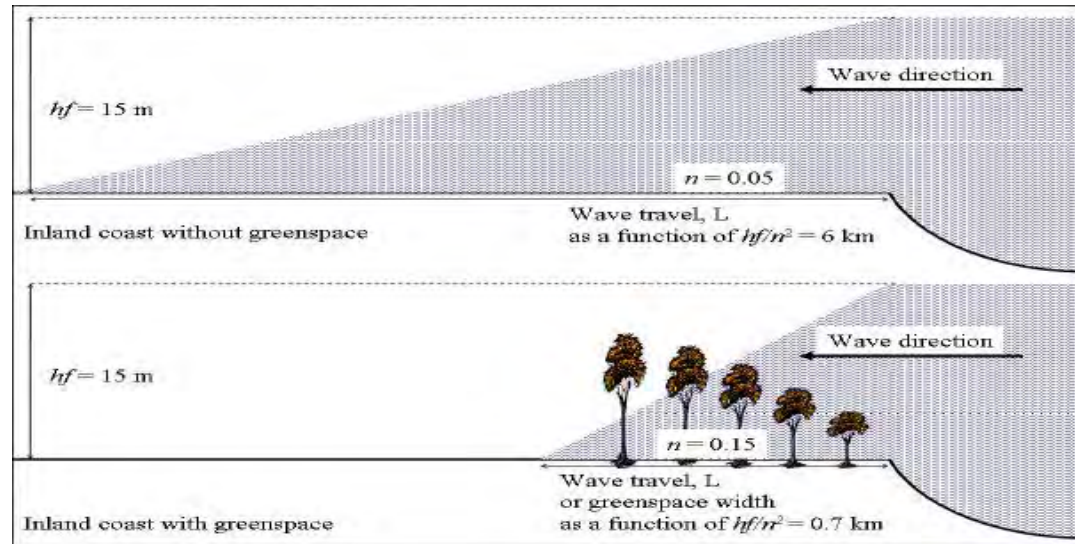
Sistem Pelindung Pantai

Ekosistem Mangrove

Atenuasi Gelombang pada
Ekosistem Mangrove

Atenuasi gelombang berdasarkan kondisi hidrolik pantai → Prinsip hidrolika saluran terbuka dengan pendekatan persamaan *manning* (Mangkoedihardjo, 2007)

$$hf/L = n^2 \left(V_r / R^{3/2} \right)^2$$



Atenuasi gelombang berdasarkan karakteristik vegetasi mangrove → Bao (2011)

$$B_w = \frac{\ln(Wh) - \ln(0,9899 Iwh + 0,3526)}{0,048 - (0,0016 \times TH) - (0,00178 \times \ln(TD)) - 0,0077(\ln(CC))}$$

BAB III – Metode Penelitian

Rancangan Penelitian

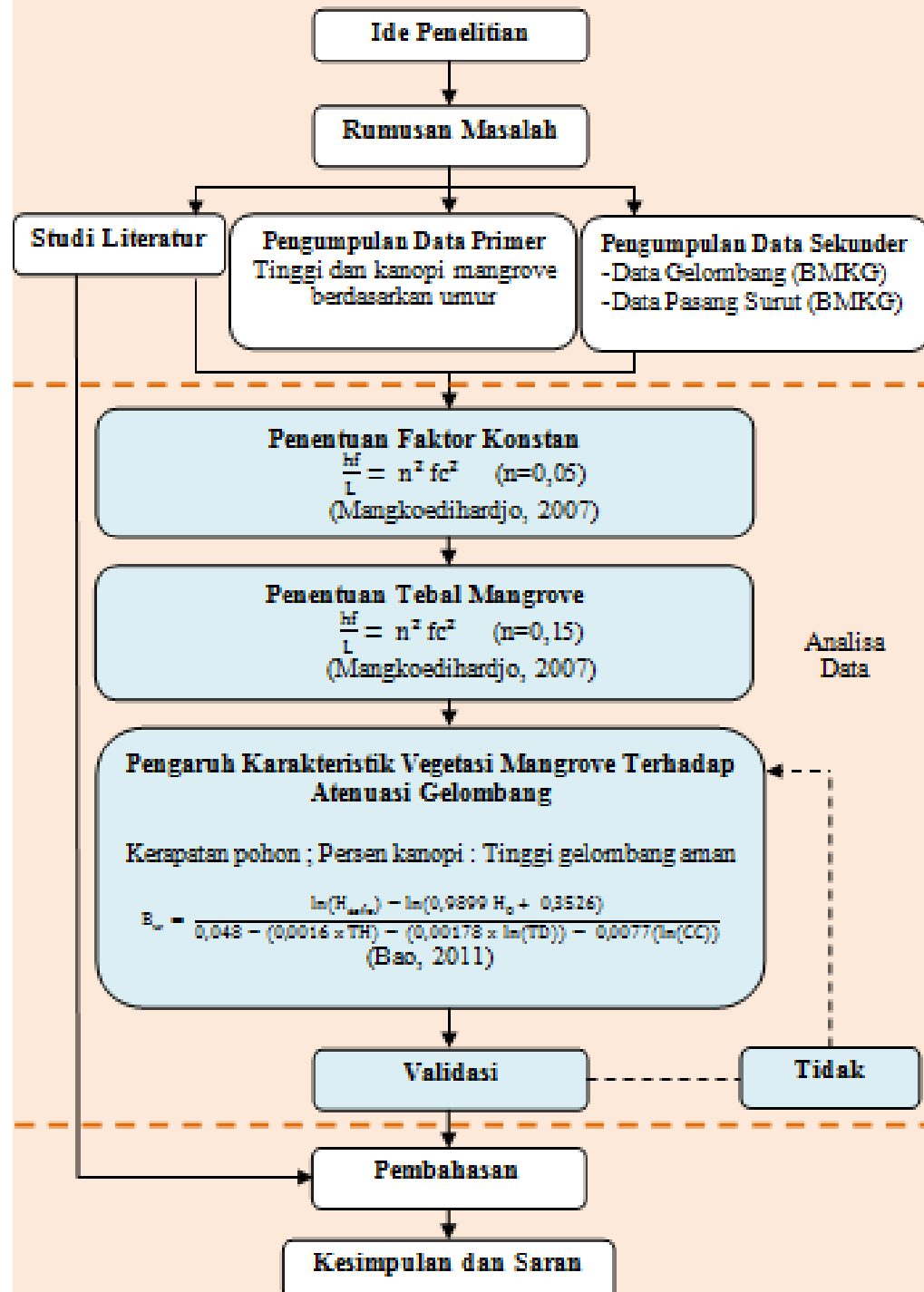
Kerangka Penelitian

Analisis hubungan antara tinggi mangrove terhadap atenuasi gelombang pada wilayah pantai Desa Banyuurip, Kecamatan Ujung Pangkah. Jenis mangrove yang dianalisis adalah *Rhizophora mucronata*, *Avicennia marina* dan *Sonneratia alba*. Data penelitian meliputi data hidrolik (gelombang dan pasang surut) dari BMKG dan data karakteristik mangrove (tinggi pohon berdasarkan umur, persen kanopi serta data kerapatan pohon). Penentuan lebar mangrove menggunakan prinsip hidrolika saluran terbuka (Mangkoedihardjo, 2007) sedangkan pengaruh tinggi mangrove terhadap atenuasi gelombang dianalisis menggunakan model atenuasi gelombang pada vegetasi mangrove oleh Bao (2011).

BAB III – Metode Pene

Rancangan Penelitian

Kerangka Penelitian





Metode Transek Kuadrat Pada Lokasi Penelitian

Pengumpulan data

- Parameter Fisik Kimia Perairan

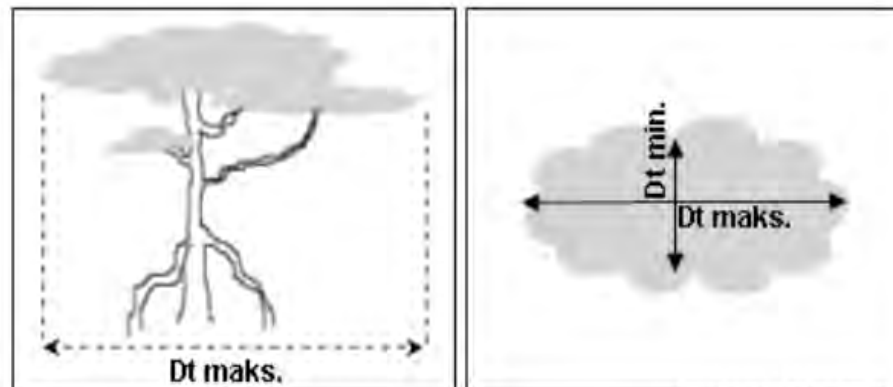
Parameter yang diamati	Pengambilan data
Temperatur air laut	Termometer alkohol
pH	Skala pH universal
Salinitas	<i>Hand refractometer</i>
Sedimen dasar laut	Pengambilan sample dan dilakukan analisis saringan di Lab. Mekanika Tanah Jurusan T. Sipil ITS

- Parameter Hidrolik Pantai

Kemiringan → data tinggi gelombang dan pasang surut 2013 (BMKG Maritim Perak)

Karakteristik Vegetasi Mangrove

- Tinggi Pohon
 - Menggunakan meteran, satuan dinyatakan dalam (m)
- Kerapatan Pohon
 - Banyaknya individu per satuan luas (Kordi, 2012), dinyatakan dalam pohon/ha (Bao, 2011)
 - Jarak tanam $1 \times 1 \text{ m}^2 = 10.000$ pohon/ha
 - Jarak tanam $2 \times 1 \text{ m}^2 = 5.000$ pohon/ha (Purnobasuki, 2005)
- Persen Kanopi
 - Proporsi luas tempat yang ditutupi oleh tajuk tanaman terhadap luas wilayah penelitian, dinyatakan dalam persen (Kordi, 2012)



Analisa Data

Analisa sedimen menggunakan saringan bertingkat



Penentuan Tebal Mangrove

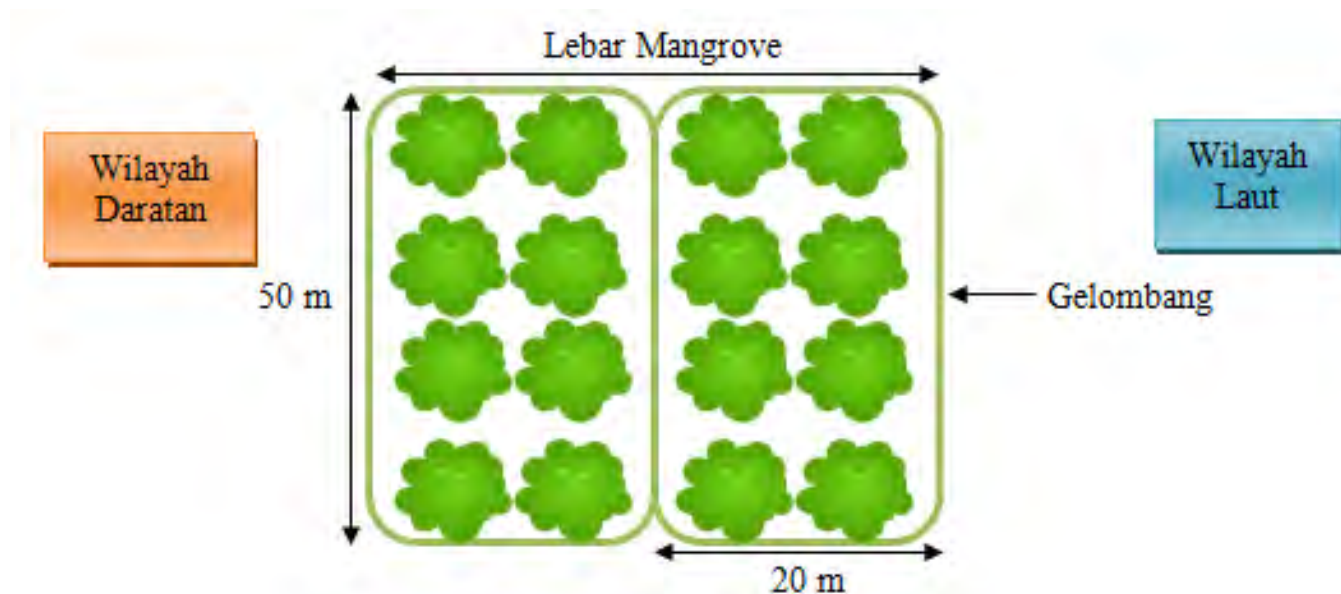
$$hf/L = n^2 fc^2$$

Atenuasi Gelombang pada vegetasi mangrove

$$B_w = \frac{\ln(H_{safe}) - \ln(0,9899 H_0 + 0,3526)}{0,048 - (0,0016 \times TH) - (0,00178 \times \ln(TD)) - 0,0077(\ln(CC))}$$

Validasi Model

- Dilakukan di Pantai Desa Pangkah Kulon, sebelah timur Pantai Desa Banyuurip menggunakan metode transek kuadrat.



- Data mengenai tinggi pohon, kerapatan, persen kanopi serta tinggi gelombang pada masing-masing plot vegetasi merupakan data hasil pengamatan

$$Wh = (0,9899 \times I_{wh} + 0,3526) \times e^{(0,048 - 0,0016 \times TH - 0,00178 \ln(TD) - 0,0077 \ln(CC) \times Bw)}$$

- Hasil pengamatan dikorelasikan dengan hasil pemodelan, jika nilai R mendekati 1 artinya model atenuasi gelombang dapat mewakili kondisi pada lokasi penelitian

BAB IV – Hasil Penelitian dan Pembahasan



Gambar 4.1. Pantai Desa Banyuurip (Sumber: Dokumentasi pribadi, 2014)



Gambar 4.2. Pengambilan Data Parameter Fisik-Kimia Perairan (Sumber: Dokumentasi pribadi, 2014)

Tabel 4.1. Titik Koordinat dan Parameter Fisik Kimia Perairan Pada Lokasi Penelitian

Nama Plot	Titik Koordinat	Parameter Fisik Kimia Perairan				
		Temperatur (°C)	Salinitas (‰)	pH	Jenis Sedimen*	Ketebalan Lumpur (cm)
A-1	6°54'20.38"S 112°31'12.97"E	30	29	8	Lumpur	40
A-2	6°54'19.65"S 112°31'12.33"E	28	30	8	Lumpur	48
A-3	6°54'18.96"S 112°31'11.63"E	28	28	8	Lumpur	55
A-4	6°54'18.22"S 112°31'10.92"E	28	29	8	Lumpur	60
B-1	6°54'19.28"S 112°31'14.17"E	29	30	8	Lumpur	50
B-2	6°54'18.61"S 112°31'13.52"E	28	28	8	Lumpur	60
B-3	6°54'18.01"S 112°31'12.76"E	28	28	8	Lumpur	75
B-4	6°54'17.17"S 112°31'12.17"E	28	30	8	Lumpur	90
C-1	6°54'18.15"S 112°31'15.44"E	29	29	8	Lumpur	45
C-2	6°54'17.50"S 112°31'14.84"E	29	29	8	Lumpur	55
C-3	6°54'16.75"S 112°31'14.19"E	28	30	8	Lumpur	60
C-4	6°54'15.98"S 112°31'13.49"E	28	30	8	Lumpur	87
D-1	6°54'17.08"S 112°31'16.62"E	29	28	8	Lumpur	40
D-2	6°54'16.34"S 112°31'16.08"E	29	29	8	Lumpur	50
D-3	6°54'15.84"S 112°31'15.28"E	28	29	8	Lumpur	60
D-4	6°54'14.87"S 112°31'14.85"E	28	30	8	Lumpur	80
E-1	6°54'15.93"S 112°31'17.82"E	30	29	8	Lumpur	50
E-2	6°54'15.18"S 112°31'17.18"E	30	28	8	Lumpur	65
E-3	6°54'14.42"S 112°31'16.62"E	29	29	8	Lumpur	82
E-4	6°54'13.60"S 112°31'16.04"E	28	30	8	Lumpur	90

- Temperatur 28-30 °C
 - 28-31 °C (Nontji, 2002)
- Salinitas 28-30 ‰
 - 17-38 ‰ (McConnaughey dan Zottoli, 1983)
- pH 8
 - 8,1 (Thurman dan Trujillo, 2004)
- Sedimen dasar (kerikil 0-7,22%, pasir 0,97-31,05%, lumpur 64,08-99,02%)
 - Tanspor sedimen (partikel dengan ukuran lebih besar akan lebih cepat mengendap) (Hutabarat dan Evans, 1995)
 - Pantai utara Jawa : berlumpur (Whitten *et al*, 2000)
- Ketebalan lumpur : 40-90 cm
 - Makin ke arah laut, lumpur makin tebal (Halidah, 2010)

Parameter Hidrolik Pantai

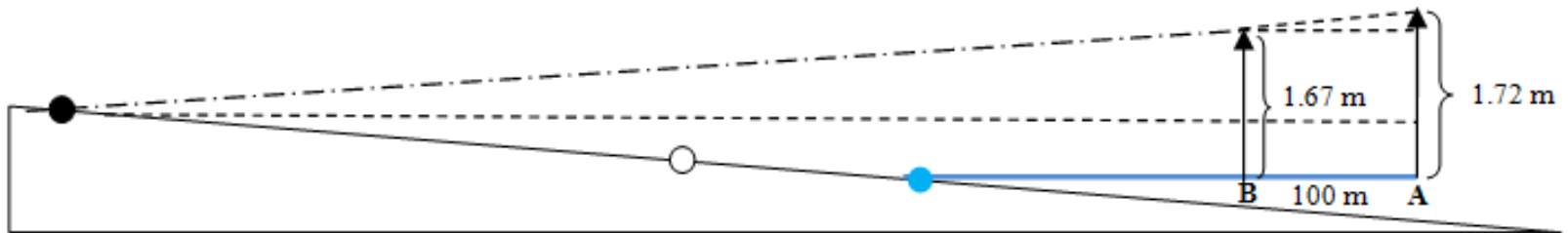
Data parameter hidrolik pantai yang diperlukan berdasarkan model Mangkoedihardjo (2007):

Faktor konstan pada pantai

$$V_r = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Kemiringan : perbedaan tinggi muka air di sepanjang air tersebut tersebar (h_f/L)


Kekasaran manning pada pantai tanpa mangrove (0,05)



Gambar 4.3. Ilustrasi Mengenai Penentuan Faktor Konstan (● : muka air +80; ○ : muka air 0; ● : muka air -40)

- Data mengenai kemiringan air tersebut dianggap linear, sehingga dapat diketahui faktor konstan dengan cara menentukan h_f pada tinggi gelombang 1,67 m berdasarkan posisi muka air yang sejajar dengan daratan yang diasumsikan mendatar.

$$\frac{0,05}{100} = \frac{0,52}{x} \rightarrow x = 1.040 \text{ m} \rightarrow \text{Jarak Perjalanan dari titik B : } 1040 \text{ m} - 100 \text{ m} = 940 \text{ m}$$

- $H_f \rightarrow 0,47 \text{ m}$
 - $L \rightarrow 940 \text{ m}$
 - $N \rightarrow 0,05$
- 
 $f_c = 0,2$

Faktor konstan adalah sama untuk kedua jenis pantai, sehingga dengan jarak perjalanan gelombang pada pantai dengan mangrove dan tanpa mangrove adalah sebagai berikut :

Tabel 4.3. Jarak Perjalanan Gelombang Pada Kedua Jenis Pantai

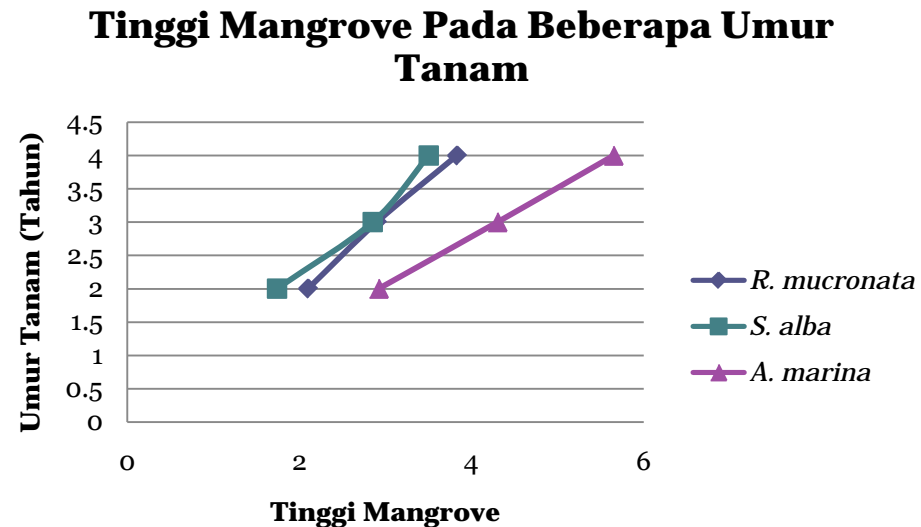
Tinggi Gelombang (hf)	Jarak Perjalanan Gelombang (L)	
	Pantai tanpa mangrove (n=0,05)	Pantai dengan mangrove (n=0,15)
0,32 m	240 m	27 m
1, 67 m	940 m	104 m

Vegetasi mangrove dapat mengurangi jarak perjalanan gelombang sebesar 88%

Pengaruh Karakteristik Vegetasi Mangrove Terhadap Atenuasi Gelombang

Tabel 4.4. Karakteristik Vegetasi Mangrove

Spesies	Umur (Tahun)	Tinggi Mangrove (m)	Lebar Tajuk (m)
<i>Rhizophora mucronata</i>	2	2,10	0,80
	3	2,90	0,86
	4	3,83	0,95
<i>Sonneratia alba</i>	2	1,74	0,76
	3	2,85	0,90
	4	3,50	0,95
<i>Avicennia marina</i>	2	2,92	1,10
	3	4,30	1,45
	4	5,65	1,60



Tinggi pohon paling rendah: *S. alba*

Karena *S. alba* memiliki preferensi yang lebih besar terhadap substrat berpasir daripada berlumpur (Setyawan dkk, 2008).

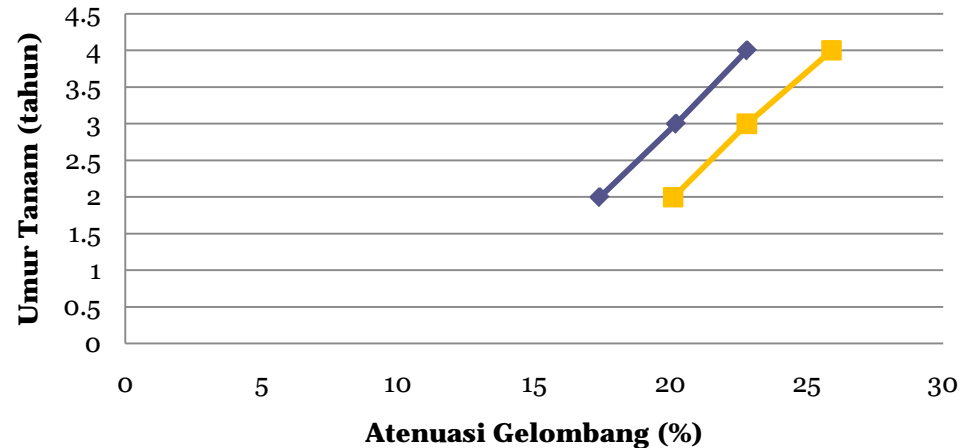
Sehingga *S. alba* lebih banyak dijumpai di pantai selatan P. Jawa daripada pantai utara P. Jawa (Steenis, 1958)

Tinggi Gelombang setelah melewati vegetasi mangrove

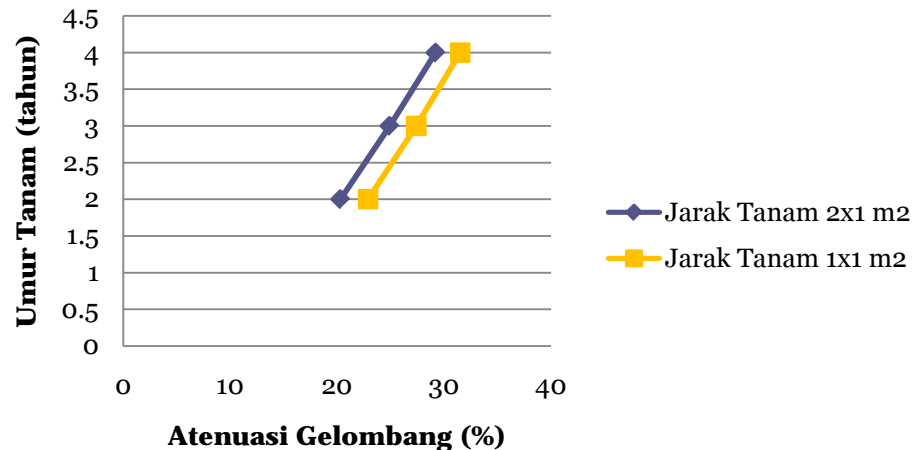
Iwh (cm)	Lebar Vegetasi (m)	Jenis Spesies	Umur (Tahun)	Tinggi pohon (m)	Kerapatan pohon (pohon/Ha)	Canopy closure (%)	Wh (cm)
32	27	<i>Rhizophora mucronata</i>	2	2,10	5.000	100	27,3
					10.000	100	26,4
			3	2,90	5.000	100	26,3
					10.000	100	25,5
			4	3,83	5.000	100	25,3
					10.000	100	24,5
		<i>Avicennia marina</i>	2	2,92	5.000	100	26,3
					10.000	100	25,4
			3	4,30	5.000	100	24,8
					10.000	100	24,0
			4	5,65	5.000	100	23,4
					10.000	100	22,6
		<i>Sonneratia alba</i>	2	1,74	5.000	90,7	28,2
					10.000	100	26,8
			3	2,85	5.000	100	26,4
					10.000	100	25,5
			4	3,50	5.000	100	25,7
					10.000	100	24,8
167	104	<i>Rhizophora mucronata</i>	2	2,10	5.000	100	88,9
					10.000	100	78,2
			3	2,90	5.000	100	77,9
					10.000	100	68,5
			4	3,83	5.000	100	66,7
					10.000	100	58,7
		<i>Avicennia marina</i>	2	2,92	5.000	100	77,6
					10.000	100	68,3
			3	4,30	5.000	100	61,7
					10.000	100	54,3
			4	5,65	5.000	100	49,3
					10.000	100	43,3
		<i>Sonneratia alba</i>	2	1,74	5.000	90,7	94,4
					10.000	100	83,1
			3	2,85	5.000	100	78,5
					10.000	100	69,1
			4	3,50	5.000	100	70,5
					10.000	100	62,0

Atenuasi gelombang pada vegetasi mangrove selebar 27 m (gelombang 0,32 m) untuk masing-masing spesies mangrove

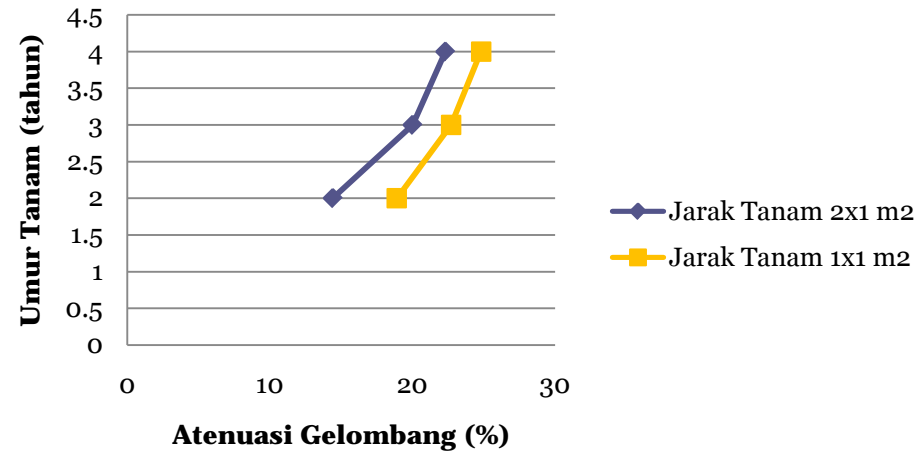
Rhizophora mucronata



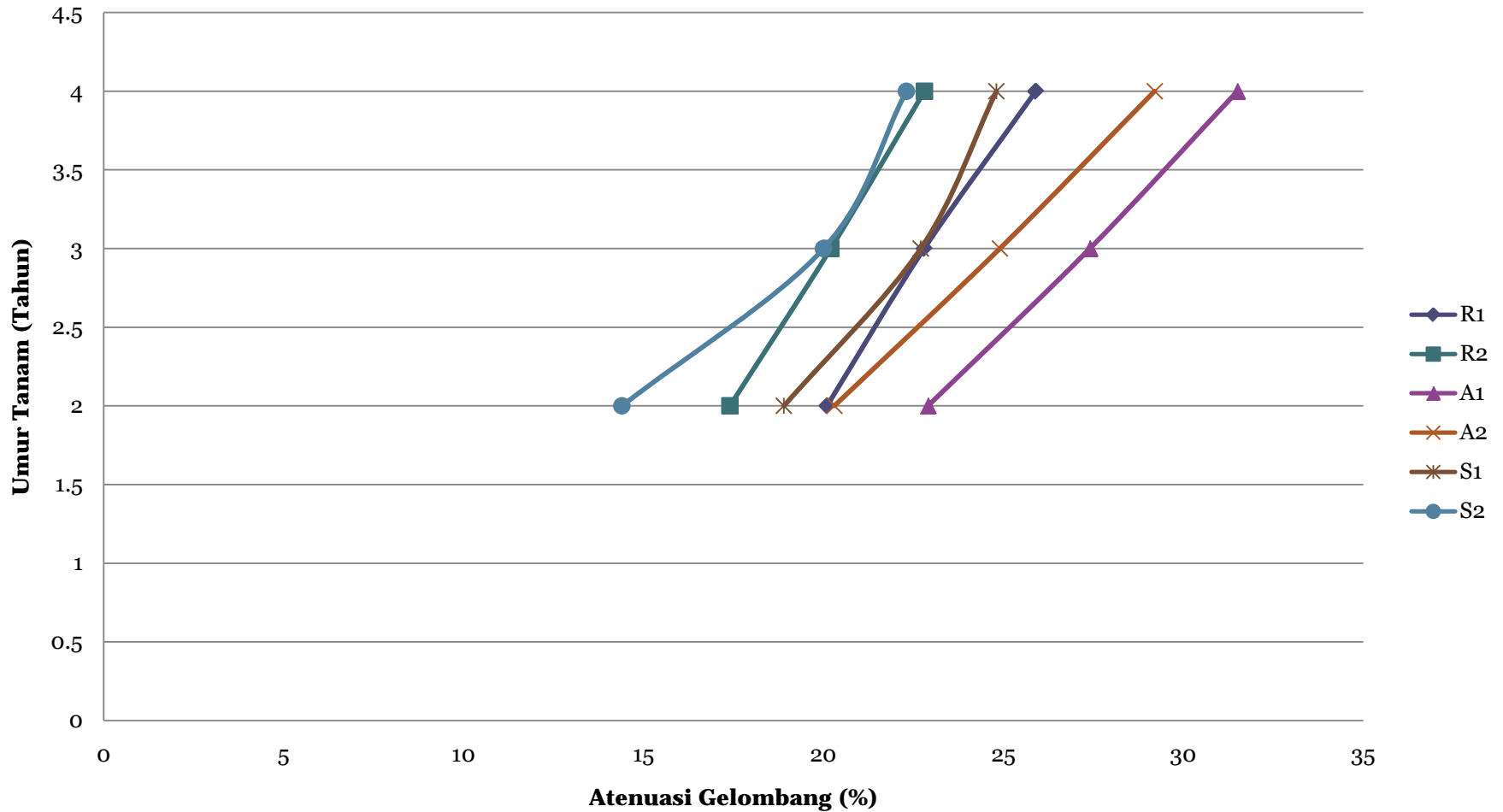
Avicennia marina



Sonneratia alba



Atenuasi Gelombang Pada Tinggi Gelombang 0,32 m

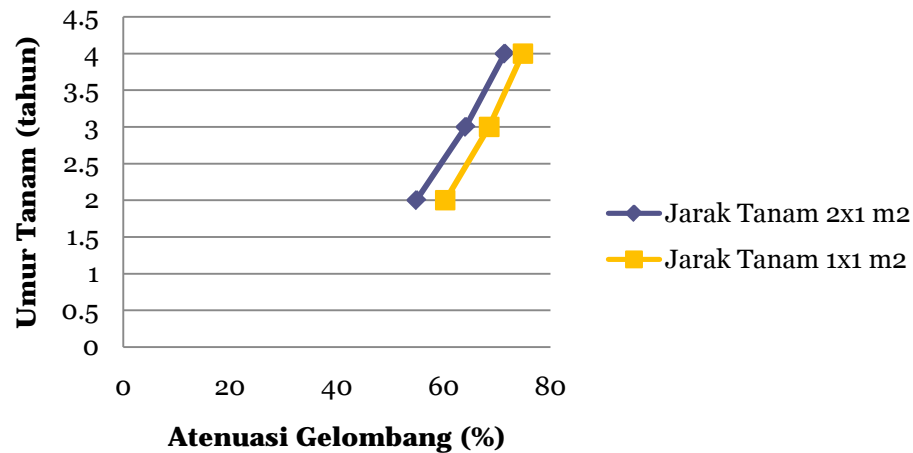


Gambar 4.11. Grafik Atenuasi Gelombang Pada Tinggi Gelombang 0,32 (R = *R. mucronata*; A = *A. marina*; S = *S. alba*; 1 = jarak tanam 1x1m²; 2 = jarak tanam 2x1m²)

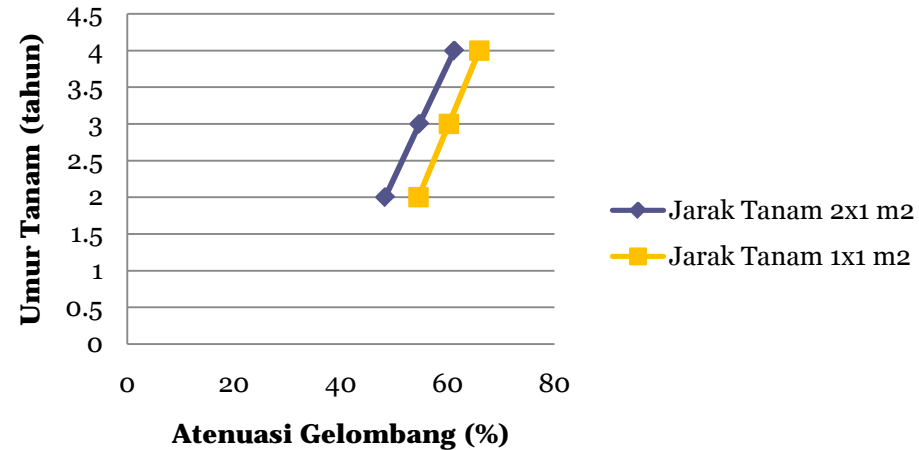
- Atenuasi gelombang hanya berkisar antara 14,4-31,5%. Hal ini disebabkan karena pada model yang dikembangkan oleh Bao (2011) hanya sesuai untuk ukuran pohon tertentu dimana kanopi pohon tersebut dapat tergenang oleh tinggi gelombang yang datang (Horstman *et al*, 2012). Tinggi gelombang yang hanya sebesar 0,32 m tidak dapat menggenangi kanopi pohon baik untuk spesies *R. mucronata*, *A. marina* dan *S. alba* pada semua umur tanam. Model oleh Bao (2011) ini pun juga terbatas untuk tanaman dengan tinggi lebih dari 20 m (Horstman *et al*, 2012).

Atenuasi gelombang pada vegetasi mangrove selebar 104 m (gelombang 1,67 m) untuk masing-masing spesies mangrove

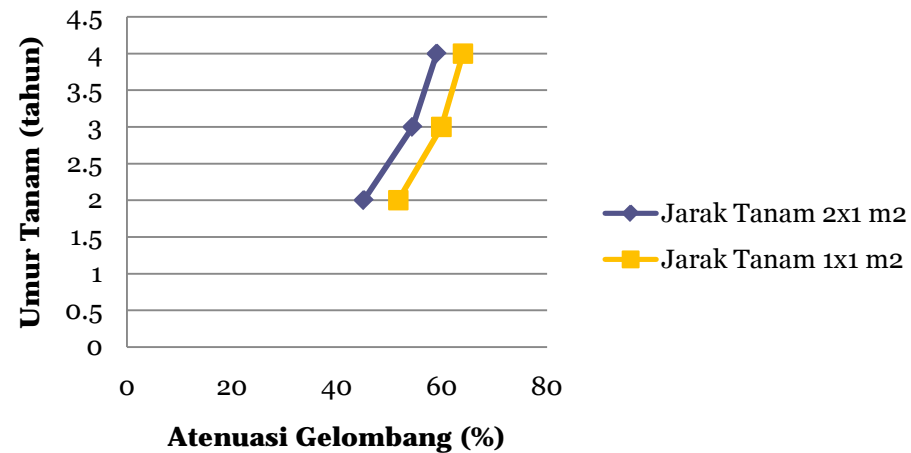
Avicennia marina



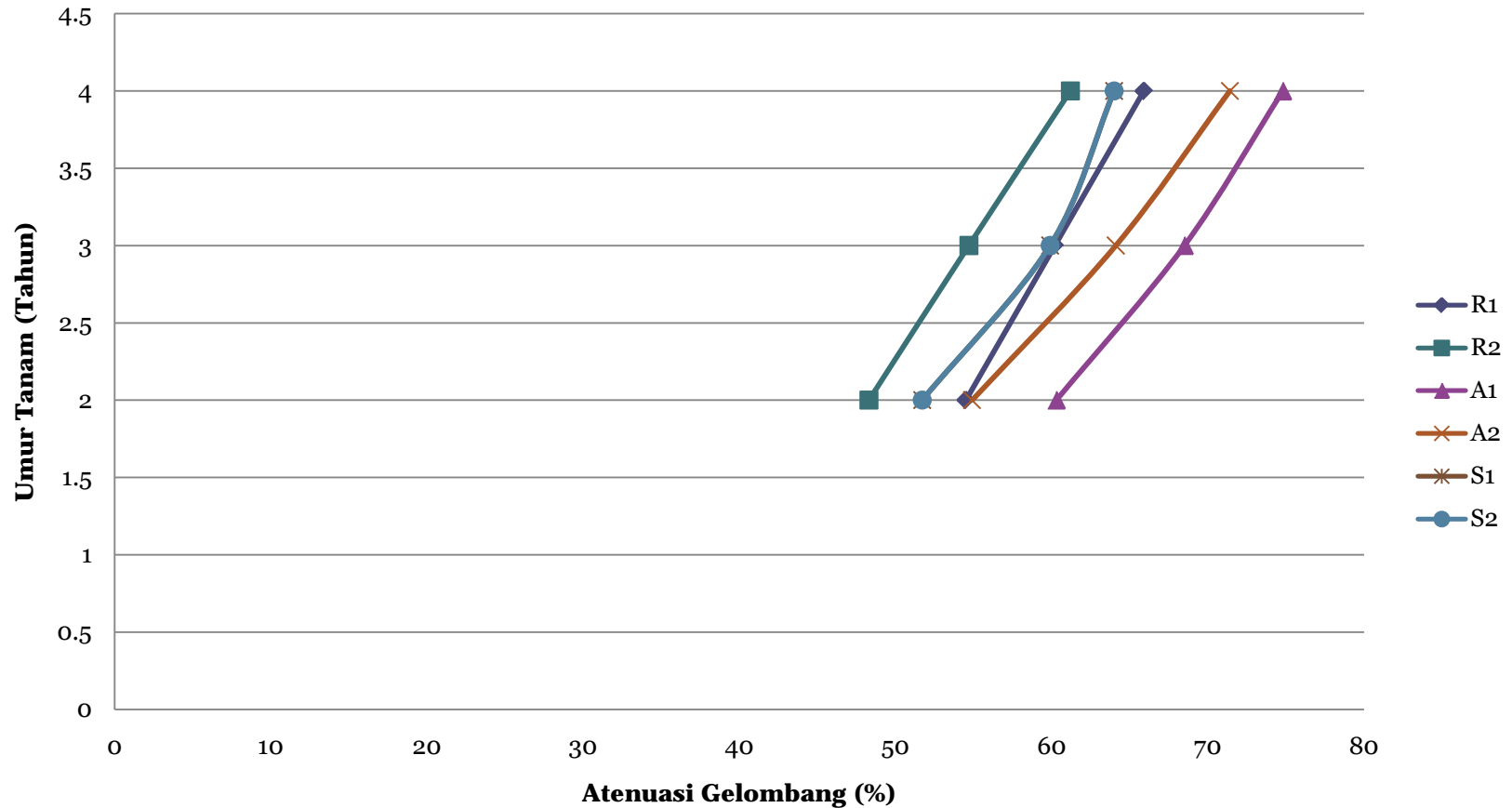
Rhizophora mucronata



Sonneratia alba



Atenuasi Gelombang Pada Tinggi Gelombang 1,67 m



Gambar 4.12. Grafik Atenuasi Gelombang Pada Tinggi Gelombang 1,67 m (R = *R. mucronata*; A = *A. marina*; S = *S. alba*; 1 = jarak tanam 1x1m²; 2 = jarak tanam 2x1m²)

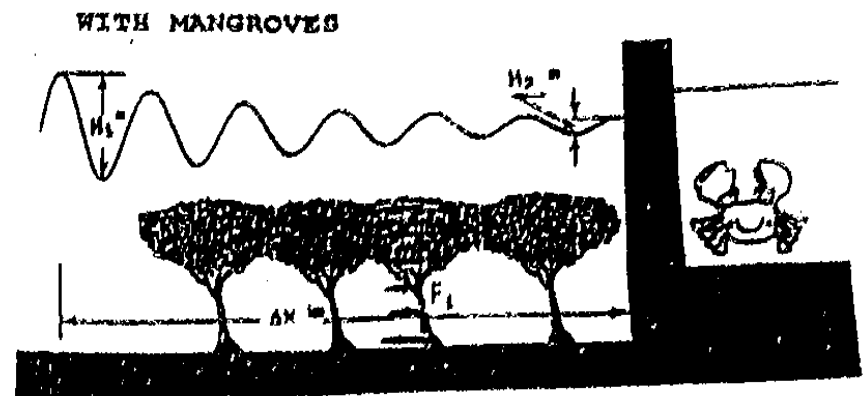
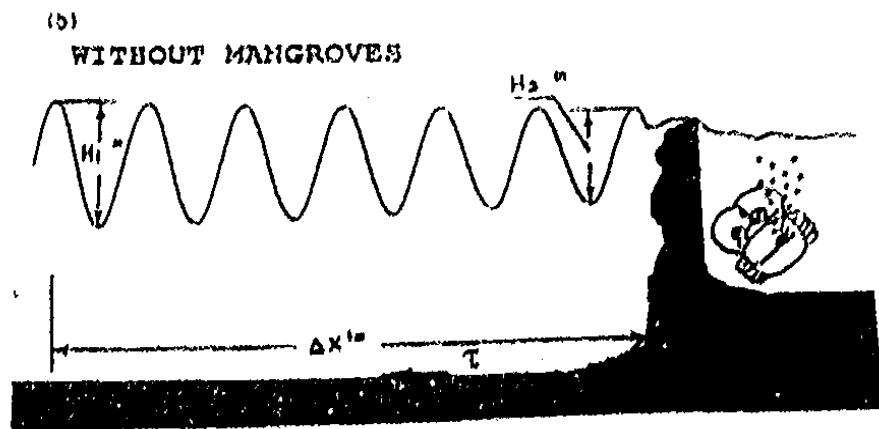
- Atenuasi gelombang berkisar antara 45,1-74,8%.
 - Persen atenuasi lebih tinggi jika dibandingkan dengan atenuasi pada tinggi gelombang 0,32 m, namun tinggi gelombang setelah melewati mangrove masih tinggi (43,3-94,4 cm).
- Nilai kekasaran manning yang digunakan terlalu besar (0,15), sehingga tebal mangrove yang diperlukan menjadi lebih kecil.

Sumber	Nilai n	Kondisi saluran
Aida (1997)	0,02-0,07	Saluran bervegetasi
Chow (1985)	0,05-0,08	Saluran dengan banyak tanaman pengganggu

- Mazda *et al* (1997) → semakin tua umur tanam mangrove, semakin besar kemampuan dalam atenuasi gelombang.

Mangrove umur 0,5 tahun → struktur vegetasinya masih muda dan belum kompleks. Reduksi gelombangnya hanya karena *bottom friction* (sama seperti pantai tanpa mangrove)

Mangrove umur 6 tahun → struktur vegetasi lebih kompleks, atenuasi disebabkan oleh gaya drag yang bekerja di sepanjang vegetasi mangrove (Pratiko dkk, 1997)



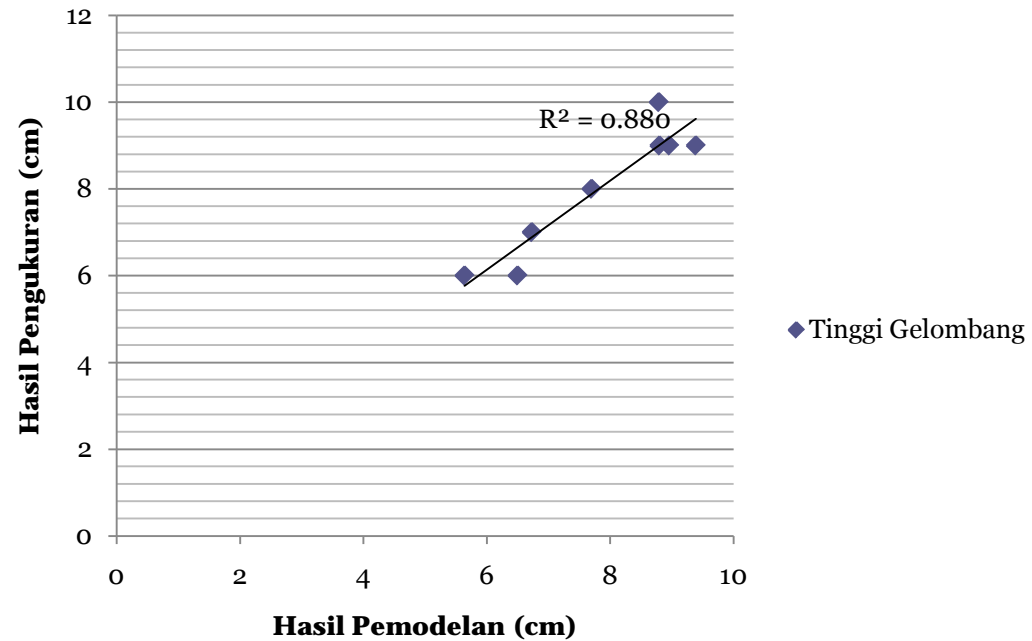
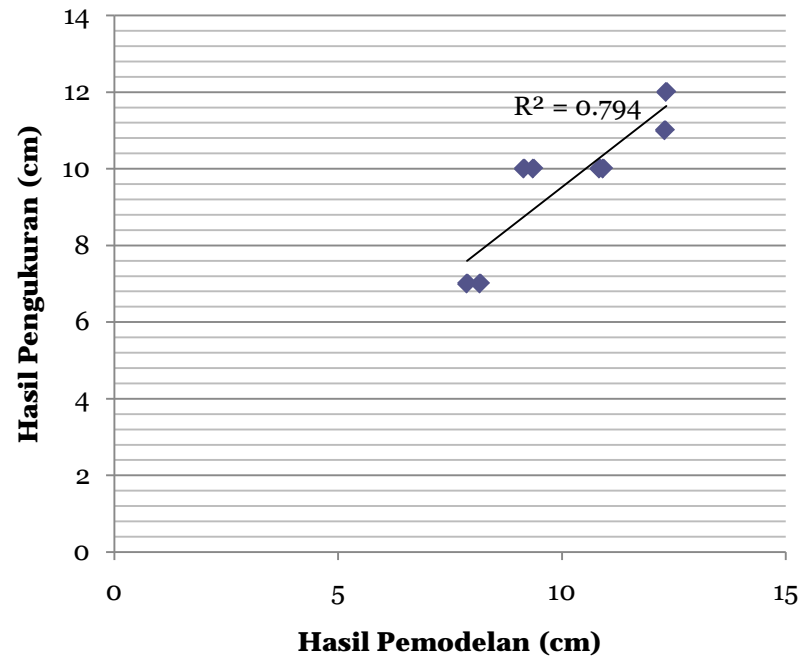
- Gaya drag → gaya hambat yang ditimbulkan karena adanya gesekan antara benda padat dengan fluida yang mengalirinya (Latief dan Hadi, 2006)
- Gelombang yang melalui suatu penghalang akan mengalami perubahan, baik perubahan tinggi maupun energi.
- Gaya drag untuk aliran air diantara batang mangrove terjadi disepanjang kedalaman mulai dari dasar sampai ke permukaan air (Pratiko dkk, 1997).
- Semakin kompleks bagian pohon yang tergenang air, maka akan semakin besar gaya drag yang dihasilkan sehingga reduksi gelombang dapat semakin besar.

- Struktur perakaran *R. mucronata* lebih kompleks dibandingkan dengan *S. alba* dan *A. marina* (Tanaka *et al*, 2007)
- Atenuasi tertinggi pada *A. marina* → tinggi pohon paling tinggi
- Model atenuasi gelombang oleh Bao (2011) tidak memperhitungkan kompleksitas perakaran, sehingga spesies dengan tinggi pohon yang tinggi akan menghasilkan atenuasi gelombang yang lebih besar.



Tabel 4.5. Atenuasi Gelombang Setelah Melewati Vegetasi Mangrove

Plot	Lebar Mangrove (m)	Karakteristik Vegetasi Mangrove			Tinggi Gelombang (cm)		
		Tinggi (m)	Kerapatan (pohon/Ha)	<i>Canopy Closure</i> (%)	Awal	Setelah Melewati Vegetasi Mangrove	
						Hasil Pengukuran	Hasil Pemodelan
A1	20	8	600	80	13	10	10,84
A2		10	700	80	12	10	9,36
A3		8	800	80	15	12	12,33
A4		9	900	90	10	7	7,88
A5		10	800	80	16	11	12,3
A6		10	800	90	12	10	9,15
A7		8	800	90	10	7	8,17
A8		9	900	90	14	10	10,92
B1	40	8	700	80	13	10	8,79
B2		8	900	90	12	8	7,7
B3		9	900	90	15	9	8,96
B4		8	800	90	10	6	6,50
B5		10	800	80	16	9	9,39
B6		10	900	90	12	7	6,73
B7		10	900	90	10	6	5,64
B8		9	700	80	14	9	8,8



Grafik Tinggi Gelombang Setelah Melewati Vegetasi Mangrove Selebar 20 m dan 40 m

BAB IV – Penutup

Kesimpulan

- Pantai Desa Banyuurip merupakan pantai berlumpur yang landai dengan faktor konstan pada pantai tanpa vegetasi mangrove sebesar $0,2 \text{ mm}^{-1}$
- Berdasarkan kondisi hidrolis pantai yang meliputi kemiringan dan tinggi gelombang maka didapatkan lebar mangrove sebesar 27 m untuk meredam gelombang setinggi 0,32 m dan lebar mangrove sebesar 104 m untuk meredam gelombang setinggi 1,67 m
- Atenuasi terbesar terjadi pada vegetasi *Avicennia marina* umur tanam 4 tahun dengan jarak tanam $1 \times 1 \text{ m}^2$ yang dapat mengurangi gelombang setinggi 0,32 m sebesar 31,5% dan pada tinggi gelombang setinggi 1,67 m dapat mengurangi sebesar 74,8%.

BAB IV – Penutup

Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan adalah mengaplikasikan kedua model atenuasi gelombang berdasarkan karakteristik vegetasi mangrove yang meliputi tinggi pohon, kerapatan pohon serta persen kanopi dengan kondisi hidrolik pantai menggunakan nilai kekasaran manning maupun nilai hambatan drag yang lebih spesifik untuk masing-masing jenis spesies mangrove.

TERIMA KASIH

6 Januari 2015

DAFTAR PUSTAKA

- Aida, I. (1977), "Numerical Experiment for Inundation of Tsunamis", Susaki and Usa, in the Kochi Prefecture. *Bulletin of Earthquake Research Institute, University of Tokyo*, Vol. 52, hal. 441–460.
- Anonim. (2007), *Ekofisiologi dan Zonasi: Ekofisiologi Mangrove*. (http://web.ipb.ac.id/~dedi_s)
- Badan Informasi Geospasial (2014), *Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No.3, Tentang Pedoman Teknis Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Mangrove*, Indonesia.
- Badan Lingkungan Hidup (2012), *Laporan Pengendalian Pencemaran Kawasan Pesisir dan Laut*, Pemerintah Kota Surabaya.
- Bao, T.Q. (2011), "Effects of Mangrove Forest Structures on Wave Attenuation in Coastal Vietnam", *Oceanologia*, Vol.53, hal. 807-818.
- Brinkman, (Richard Michael. (2006), *Wave Attenuation in Mangrove Forest: An Investigation Through Field and Theoretical Studies*, PhD Theses, James Cook University.
- Chow, Ven Te. (1959), *Open Channel Hydraulics*. McGraw-Hill, New York.
- Dinas Kelautan dan Peternakan. (2010), *Profil Sumber Daya Wilayah Pesisir Kecamatan Ujung Pangkah*, Kabupaten Gresik.
- Efendi, S.S. (2014), *Evolusi Perubahan Garis Pantai Setelah Pemasangan Bangunan Pantai*, Tesis, Program Pascasarjana Universitas Udayana, Denpasar, Bali.
- Fachrul, M.F. (2008), *Metode Sampling Bioekologi*. Penerbit Bumi Aksara, Jakarta.
- Gunarto. (2004), "Konversi Mangrove Sebagai Pendukung Sumber Hayati Perikanan Pantai", *Jurnal Litbang Pertanian*, Vol. 23, No.1, hal. 15-21.
- Halidah. (2010), "Pertumbuhan *Rhizophora mucronata* Lamk Pada Berbagai Kondisi Substrat di Kawasan Rehabilitasi Mangrove Sinjai Timur Sulawesi Selatan", *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, Vol. 7, No. 4, hal. 399-412.

- Hashim, A.M., Catherine, S.M.P. dan Takaijudin, H. (2013), "Effectiveness of Mangrove Forest in Surface Wave Attenuation: A Review", *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, Vol. 5, No. 18, hal. 4483-4488.
- Herman. (2004), *Sebaran Asosiasi Makroepifauna Pada Ekosistem Padang Lamun di Perairan Pulau Tidung Besar, Kepulauan Seribu, Jakarta Utara*, Skripsi, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Hidayat, Nur. (2006), "Konstruksi Bangunan Laut dan Pantai Sebagai Alternatif Perlindungan Daerah Pantai", *Jurnal SMARTek*, Vol. 4, No. 1, hal. 10-16.
- Horstman, E., Dohmen-Jannsen, M., Narra, P., van den Bergh, N.-J., Siemerink, M., Balke, T., Bouma, T.J. dan Hulscher, S. (2012), "Wave attenuation in mangrove forests: field data obtained in Trang, Thailand", *Engineering Proceedings [On-line]*, hal.1-15.
- Hutabarat, S. dan Evans, S.M. (2012), *Pengantar Oseanografi*. Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press), Jakarta.
- Ilham, M., Wibisono., I.T.C. dan Suryadiputra, I.N.N. (2011), *State of the Art Information on Magrove Ecosystem in Indonesia*. Wetlands International – Indonesia Program, Bogor.
- Karim, M.F. (2007), *Analisis Vegetasi Mangrove di Pantai Ujungpangkah Kabupaten Gresik*. Jurusan Biologi, FMIPA, UNESA, Surabaya.
- Kathiresan, K dan Bingham. (2001), "Biology of Mangroves and Mangroves Ecosystem", *Advances in Marine Biology*, Vol. 40, hal. 81-251.
- Kathiresan, K. (2008), *Ecology and Environment of Mangroves System*. Centre of Advanced Study in Marine Biology, Annamalai University.
- Kordi, M.G.H. (2012), *Ekosistem Mangrove: Peran, Fungsi dan Pengelolaan*. Penerbit Rineka Cipta: Jakarta.
- Latief, H. dan Hadi, S. (2006), *The role of forests and trees in protecting coastal areas against tsunamis, Chapter 1 : Protection From Tsunamis*. Technical Presentation and Discussion (www.fao.org).

- Mangkoedihardjo, S. (2007), "The Significance of Greenspace in Coastal Area of Indonesia", *Global Journal of Environmental Research*, Vol. 1, No. 3, hal. 92-95.
- McConnaughey, B.H. dan Zottoli, R. (1983), Pengantar Biologi Laut, Jilid I, Edisi Keempat. The C.V. Mosby Compan, Missouri.
- McIvor, A.L. Moller, I. Spencer, T. dan Splading, M. (2012), "Reduction of Wind and Swell Waves by Mangroves", *Natural Coastal Protection Series: Report 1*. Cambridge Coastal Research Unit Working Paper 40.
- Melana, D.M., J. Atchue III, C.E. Yao, R. Edwards, E.E. Melana and H.I. Gonzales. (2000), *Mangrove Management Handbook*. Department of Environment and Natural Resources, Manila, Philippines through the Coastal Resource Management Project, Cebu City, Philippines. 96 p.
- Mukhopadhyay, A., Dasgupta, R., Hazra, S. dan Mitra. (2012), "Coastal Hazards and Vulnerability: A Review", *International Journal of Geology, Earth and Environmental Science*, Vol.2, No.1, hal. 57-69.
- Nontji, A. (2002), *Laut Nusantara*. Penerbit Djambatan, Jakarta.
- Noor, Y.R., Khazali M., dan Suryadiputra. (2006), *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. PHKA/WI-IP (Wetland Internasional- Indonesia Program), Bogor.
- Nybakken, J.W. (1993), *Marine Biology: An Ecological Approach*, 3rd Edition. Harper Collins College Publisher, New York.
- Onrizal. (2008), *Panduan Pengenalan dan Analisis Vegetasi Hutan Mangrove*. Bahan kuliah bagi peserta Praktek Pengenalan dan Pengelolaan Hutan: Departemen Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Pilarczyx, K.W. (2003), "Alternative Systems for Coastal Protection: An Overview", *International Conference on Estuaries and Coast*: Hangzhou, China.
- Pratikto, W. A., Suntoyo, Solikhin dan Sambodho, K. (1997), *Struktur Pelindung Pantai*, Bahan Kuliah: Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan ITS, Surabaya.

- Purnawan, G.M. (2012), *Pengendalian Konversi Hutan Mangrove di Kecamatan Ujungpangkah Kabupaten Gresik*, Tugas Akhir, Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, FTSP, ITS, Surabaya.
- Purnobasuki, Herry. (2005), *Tinjauan Perspektif Hutan Mangrove*. Airlangga University Press, Surabaya.
- Romimohtarto, K. dan Juwana, S. (2009), *Biologi Laut*. Penerbit Djambatan, Jakarta.
- Setyawan, A.D., Winarno, K., Indrowuryatno, Wiryanto dan Susilowati, A. (2008), “Tumbuhan Mangrove di Pesisir Jawa Tengah: 3. Diagram Profil Vegetasi”, *Biodiversitas*, Vol. 9, No. 4, hal. 315-321.
- Steenis, C.G.G.J. van. (1958), “Ecology of mangroves. In: Flora Malesiana”, Djakarta: Noordhoff-Kolff
- Sulistiono, Lubis, D., Affandi, R. dan Watanabe, S. (2001), “Pengamatan Isi Lambung Beberapa Jenis Ikan Buntal (*Tertaodon reticularis*, *T. fluviatilis*, *T. lunaris*) di Perairan Ujungpangkah, Jawa Timur”, *Jurnal Iktiologi*, Vol.1, No.1, hal. 27-33.
- Tanaka, N. Y., Sasaki, M.I.M. Mowjood, Jinadasa dan Homchuen. (2007), “Coastal Vegetation Structure and Their Function in Tsunami Protection: Experience of The Recent Indian Ocean Tsunami”, *Water Manage*, Vol. 162, hal. 3-12.
- Thurman, H.V dan Trujillo, A.P. (2004), *Introductory Oceanography*, Upper Saddle River, Custom Publishing.
- Triatmodjo, Bambang. (1999), *Teknik Pantai*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang. (2011), *Perencanaan Bangunan Pantai*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Whitten, T., R.E. Soeriaatmadja, dan S. Afiff. (2000), *Ecology of Java and Bali*. Periplus, Singapore.

BIOGRAFI PENULIS



Clara Puspita, lahir pada 16 Agustus 1991 di Surabaya-Jawa Timur sebagai anak tunggal dari pasangan Bapak Bambang Sutikno dan Ibu Thresia Sri Mawarni. Pendidikan formal ditempuh di TK Petrokimia Gresik, SDN SIDOKUMPUL II Gresik, SMPN 1 Gresik dan SMAN 1 Gresik. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan tingginya pada Program Studi S1 Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga Surabaya pada Tahun 2009 dan mendapatkan gelar Sarjana Sains (S.Si) pada Maret 2013. Pendidikan tinggi kemudian dilanjutkan ke jenjang S2 pada Program Magister Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya pada Tahun 2013 dan menyelesaikan studinya pada Maret 2015 dengan gelar MT

(Magister Teknik). Penulis pernah menulis karya ilmiah dengan judul “*Study on The Habitat Preference of Diadema setosum in Bama Coast, Baluran National Park*” yang dipublikasikan pada jurnal internasional, *Journal of Biological Researches* (dahulu Berkala Penelitian Hayati) Vol. 18, No.1, Hal. 19-23, Desember 2012.

Penulis dapat dihubungi melalui email di cppuspita@gmail.com.